

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

CHARLES-MATHIEU LACHAUME

CONTRIBUTION DE SITUATIONS DE JEU À ESPACE ET EFFECTIFS RESTREINT À LA
DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE DE JOUEURS DE HOCKEY SUR GLACE

AVRIL 2015

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

MAITRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITE PHYSIQUE

Ce mémoire a été dirigé par :

François Trudeau, Ph.D.

UQTR

directeur de recherche, grade

Rattachement institutionnel

Jean Lemoyne, Ph.D. (c)

UQTR

codirecteur de recherche, grade

Rattachement institutionnel

Jury d'évaluation du mémoire :

François Trudeau, Ph.D.

UQTR

Prénom et nom, grade

Rattachement institutionnel

Claude Lajoie, Ph.D.

UQTR

Prénom et nom, grade

Rattachement institutionnel

Luc Nadeau, Ph.D.

Université Laval

Prénom et nom, grade

Rattachement institutionnel

RÉSUMÉ

Contexte : Plusieurs chercheurs ont suggéré que les pratiques ainsi que les parties en hockey sur glace amenaient un stimulus insuffisant pour créer des adaptations physiologiques significatives pour le joueur. Pour pallier à cet inconvénient, de nouvelles approches ont été proposées. Très utilisés dans les sports d'équipe comme le soccer, les jeux à effectifs réduits et en espace restreint (JEER) sont préconisés par les entraîneurs pour développer la technique, la tactique collective et pour favoriser l'adaptation des joueurs aux demandes physiologiques des sports. Actuellement, aucune étude ne s'est penchée sur la demande énergétique des JEER au hockey sur glace.

Objectifs : L'étude vise à : (1) déterminer la dépense énergétique de six JEER et (2) voir les différences en terme de dépense énergétique entre six JEER. **Méthodologie**: Neuf joueurs de hockey sur glace de niveau midget élite ont participé à l'étude. Dans un premier temps, chaque joueur a effectué un test direct de consommation maximale d'oxygène (VO_2max) sur tapis roulant au laboratoire. Une équation de régression de la consommation oxygène (O_2) en fonction des fréquences cardiaques fût élaborée pour chaque individu. Deuxièmement, nous avons testé les joueurs dans six contextes de JEER sur glace où les fréquences cardiaques furent recueillies à chaque seconde. Les six jeux étaient: un contre un; deux contre deux; deux contre deux avec un joueur pivot; trois contre trois avec un joueur pivot; trois contre trois avec transitions; quatre contre quatre avec deux joueurs pivot. Quatre marqueurs d'intensité ont été analysés au cours

de ces jeux : (a) moyenne des fréquences cardiaques maximales (FC_{\max}) atteintes dans chaque répétition en espace restreint exprimée en pourcentage de fréquence cardiaque maximale ($\%FC_{\max}$); (b) moyenne totale (repos et effort) de chaque JEER exprimée en $\%FC_{\max}$; (c) moyenne des consommations d'oxygène maximales atteintes dans chaque JEER, exprimée en litre par minute ($L \cdot \min^{-1}$) et (d) moyenne totale (repos et effort) de chaque JEER exprimée en $L \cdot \min^{-1}$. Des analyses de variance à mesures répétées ont été effectuées pour comparer les jeux. **Résultats:** Toutes les répétitions ont atteint un pourcentage de fréquence cardiaque maximale égal ou supérieur à 89% de la FC_{\max} , et de $3,6 L \cdot \min^{-1}$ à l'effort. De plus, le trois contre trois avec des transitions s'est avéré comme étant le jeu le plus exigeant sur le plan physiologique. Le jeu le moins intense fût le deux contre deux. **Conclusion :** Les jeux à effectifs réduits et en espace restreint sont des exercices joués à haute intensité au hockey sur glace. Nos résultats confirment que les JEER représentent un excellent stimulus physiologique pour les joueurs de hockey sur glace. Les situations de jeu à trois contre trois avec transitions et les situations à un contre un augmentent le plus la dépense énergétique des joueurs.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	i
REMERCIEMENTS	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES SYMBOLES ET ABBRÉVIATIONS	ix
CHAPITRES	
I. INTRODUCTION	1
Problématique : la préparation physique du joueur de hockey	2
II. RECENSION DES ÉCRITS	6
Les jeux à effectifs réduits et en espace restreint.....	6
Les jeux à effectifs réduits et en espace restreint: une pratique courante en entraînement.....	6
La contribution des JEER dans les autres sports	8
Les JEER en hockey sur glace	13
Les objectifs de l'utilisation des JEER au hockey sur glace.....	14
Les habiletés technico-tactiques	14
Les habiletés reliées aux tactiques collectives	15
Les bienfaits des JEER au hockey sur glace.....	16
Les exigences physiologiques du hockey sur glace	18
Les systèmes d'énergie utilisés.....	18

Système aérobie	19
Systèmes anaérobies	20
Dépense énergétique sur glace	21
III. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE.....	25
Objectifs	25
Hypothèses	27
Pertinence de l'étude	28
IV. RÉSULTATS.....	29
Abstract	30
Introduction.....	31
Methods.....	34
Experimental approach to the problem	34
Participants.....	34
Procedures	35
SSG context.....	35
Measures	38
HR and EE during SSGs	39
Statistical analyses	40
Results.....	41
Differences in maximal percentage of HR peak (%HR _{effort-peaks}) values within each SSG.....	41

Differences in percentage of average HR ($\%HR_{\text{mean-total}}$) values during each SSG	42
Differences regarding maximal EE peak ($EE_{\text{effort-peaks}}$) values during each SSG.....	44
Differences in average EE ($EE_{\text{mean-total}}$) values during each SSG	46
Discussion	48
Study limitations	50
Practical applications	51
Acknowledgments.....	53
References	54
V. DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALES	58
Applications pratiques pour les entraineurs	59
Choisir le bon JEER.....	59
Recommandations pour les entraineurs	62
Limites des JEER	63
Limites de l'étude.....	63
Forces et contribution de l'étude.....	65
Perspectives futures.....	66
RÉFÉRENCES.....	68

REMERCIEMENTS

Les raisons qui m'ont mené vers la recherche fût la passion et la fière ambition de contribuer à un sport que j'adore : le hockey sur glace.

Pour commencer, je voudrais remercier chaleureusement mes deux directeurs : M. François Trudeau et M. Jean Lemoyne. Par leur soutien omniprésent, ils ont contribué à ma réussite et à l'accomplissement de ce mémoire. Un énorme merci !

Dans un deuxième temps, je désirerais remercier M. Eduardo Freiburger pour son aide incalculable au laboratoire de physiologie, M. Yves Archambault et l'équipe de Hockey Québec pour leur soutien et leur écoute face au besoin de mon projet, M. Jonathan Tremblay de l'Institut National du Sport du Québec pour le prêt de l'appareil Polar Team² Pro et surtout à l'équipe des Estacades de Trois-Rivières et leur entraîneur M. Frédéric Lavoie pour leur ouverture et leur temps face au projet.

Pour terminer, un merci spécial à mes parents ainsi que ma conjointe pour leur soutien et leurs encouragements tout au cours de ce long processus !

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des principales études en lien avec les avantages des jeux à effectifs réduits et en espace restreint (JEER)	9
Tableau 2 : Évolution (1965-2006) de la consommation d'oxygène maximale (VO ₂ max) au hockey sur glace	23
Tableau 3: <i>Participants' characteristics</i>	35
Tableau 4: <i>SSGs characteristics</i>	37
Tableau 5: <i>Practical ice hockey SSGs suggestions</i>	53
Tableau 6 : Suggestions pratiques par rapport au choix des JEER au hockey sur glace	60
Tableau 7 : Recommandations pratiques générales pour les JEER	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Comparaison des fréquences cardiaques durant une séance d'entraînement et une partie de hockey sur glace au niveau universitaire	4
Figure 2: Les six jeux à effectifs réduits et en espace restreint testés sur glace	26
Figure 3: <i>Six on-ice SSG patterns.</i>	37
Figure 4: <i>%HR_{max} during 3 repetitions in 6 SSGs</i>	43
Figure 5: <i>Energy expenditure (EE: L/min) during 3 repetitions in 6 SSGs</i>	45
Figure 6: <i>ANOVA post hoc tests results of 4 parameters related to SSG intensity</i>	47

LISTE DES SYMBOLES ET ABBRÉVIATIONS

% FC _{max} :	Pourcentage de la fréquence cardiaque maximale
ATP :	Adénosine triphosphate
bpm :	Battements par minute
DLTA :	Développement à long terme de l'athlète
FC :	Fréquence cardiaque
FC _{max} :	Fréquence cardiaque maximale
LNH :	Ligue Nationale de Hockey
O ₂ :	Oxygène
PCr:	Phospho-créatine
VO ₂ max :	Consommation maximale d'oxygène
VO ₂ :	Consommation d'oxygène
%HR _{max} :	<i>Percentage of HR_{max}</i>
%HR _{effort-peaks} :	<i>Average HR peaks expressed in%HR_{max} during a SSG</i>
%HR _{mean-total} :	<i>Entire (active and rest) SSG HR mean expressed in%HR_{max} during a SSG</i>
3v3 T:	<i>3v3 transitions</i>
3v3 S:	<i>3v3 + support player</i>
2v2 S:	<i>2v2 + support player</i>
4v4 S:	<i>4v4 + 2 support players</i>

EE:	<i>Energy expenditure</i>
EE _{effort-peaks} :	<i>average EE peaks expressed in oxygen consumption ($L \cdot min^{-1}$) during a SSG</i>
EE _{mean-total} :	<i>entire energy expenditure (rest and active) expressed in oxygen consumption ($L \cdot min^{-1}$)</i>
HR :	<i>Heart rate</i>
HR _{max} :	<i>Maximal heart rate</i>
HR _{mean} :	<i>Mean heart rate</i>
HR _{min} :	<i>Minimal HR reached in rest period</i>
HR _{peaks} :	<i>Highest HR value reached at the end of 30 sec. in SSG</i>
HR _{start} :	<i>Initial HR value of a SSG</i>
HR _{mean-active} :	<i>Average heart rate value of a SSG active part</i>
HR _{mean-recovery} :	<i>Average heart rate value of a SSG rest part</i>
JEER:	<i>Jeux à effectifs réduits et en espace restreint</i>
NHL:	<i>National Hockey League</i>
RER:	<i>Respiratory exchange ratio</i>
RPE:	<i>Rate of perceived exertion</i>
SSG:	<i>Small-sided game</i>

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Le hockey sur glace est un sport pratiqué sur une patinoire où s'affrontent deux équipes de patineurs qui utilisent des bâtons recourbés pour pousser une petite rondelle, une balle ou un bloc dans ou à travers un but adverse (Society for International Hockey Research, 2001). Selon la Fédération internationale de hockey sur glace (IIHF, 2012), il y avait un peu plus de 1 600 000 joueurs de hockey sur glace inscrits dans des ligues organisées. Pour cette même période au Canada, il y avait plus de 617 000 joueurs fédérés au sein de l'organisation de Hockey Canada (Hockey Canada, 2012). Selon Hockey Québec, en 2011, il y avait 150 000 membres (joueurs, entraîneurs, administrateurs, officiels et autres intervenants) impliqués dans le hockey au niveau québécois. Les personnes responsables en grande partie du développement des joueurs de hockey sont les entraîneurs. En 2012, Hockey Canada rapportait qu'il y avait tout près de 100 000 entraîneurs au Canada, dont un peu moins de 20 000 au Québec (Hockey Canada, 2012).

Depuis une trentaine d'années, une pléthore d'études scientifiques traitant de différentes facettes de la pratique du hockey sur glace ont été réalisées, dont plusieurs se sont intéressées spécifiquement aux aspects liés à la physiologie (Ferguson, Marcotte, & Montpetit, 1969; Green, 1979; Daub, Green, Houston, Thomson, Fraser, & Ranney, 1983; Montgomery, 1988; Cox, Miles, Verde, & Rhodes, 1995).

Problématique : la préparation physique du joueur de hockey

Les exigences physiques associées aux tâches du joueur de hockey sont multiples. Il est donc réaliste de croire que les exigences physiques du sport figurent parmi les facteurs potentiels de blessures. Dans une étude menée par Cox et al. (1995), celui-ci a démontré que les joueurs de hockey professionnels se plaignent d'avoir les jambes lourdes dans la dernière partie de la saison. Bien qu'autrefois, les entraîneurs et autres membres du personnel de l'équipe aient cru que le «syndrome des jambes» lourdes soit attribuable à un problème de surentraînement, il serait plutôt dû au désentraînement occasionné durant la saison. Les techniques d'entraînement et de récupération ayant beaucoup évolué de nos jours, il est difficile de comparer ces deux époques. Green (1979), Quinney et al. (1982) et Daub et al. (1983) suggèrent que les séances d'entraînement sur glace ainsi que les parties procurent un stimulus physiologique insuffisant pour maintenir ou améliorer la condition physique chez les joueurs durant la saison de hockey. À titre d'exemple, Cox et collaborateurs (1995) ont utilisé la télémétrie afin de connaître les variations des fréquences cardiaques en situation de matchs de trois joueurs de hockey de la Ligue Nationale de Hockey (LNH). Parallèlement, la télémétrie a aussi permis de mesurer les fréquences cardiaques de quatre joueurs de la LNH pendant des séances d'entraînement. Les entraîneurs ont attribué une cote de difficulté aux entraînements afin de faire des liens avec les résultats des fréquences cardiaques des joueurs. L'entraîneur des quatre joueurs de la LNH avait évalué une séance d'entraînement comme étant difficile et l'autre comme légère. En ce qui a trait aux trois

joueurs ayant été analysés sur glace, les résultats ont démontré que le pourcentage de temps d'utilisation se situant au-dessus du seuil lactique (4mmol/L) ne variait qu'entre 8,5% et 19,1% (Cox et al., 1995). La moyenne des fréquences cardiaques de ces trois joueurs durant tout le match s'est située entre 126 et 132 battements par minute (bpm). Pour ce qui est de la séance d'entraînement dite «intense», soit plus grand ou égal à la fréquence cardiaque au seuil lactique, les joueurs (n=3) ont passé entre 9 à 33% du temps total de la séance d'entraînement dans cette zone. Les joueurs observés (n=2) pour la séance d'entraînement dite «légère», ont passé entre 0% et 9% du temps au seuil ou au-delà. Cox et al. (1995) appuient les études antérieures suggérant que les matchs et ces types de séances ne soient pas suffisamment intenses pour maintenir ou améliorer la condition physique des joueurs. Peddie (1995) soulève dans sa thèse de doctorat les résultats de l'étude de Horne, Renger et Wiley (non publiée). Les chercheurs ont mesuré les fréquences cardiaques par télémétrie de joueurs universitaires durant une séance d'entraînement et une partie.

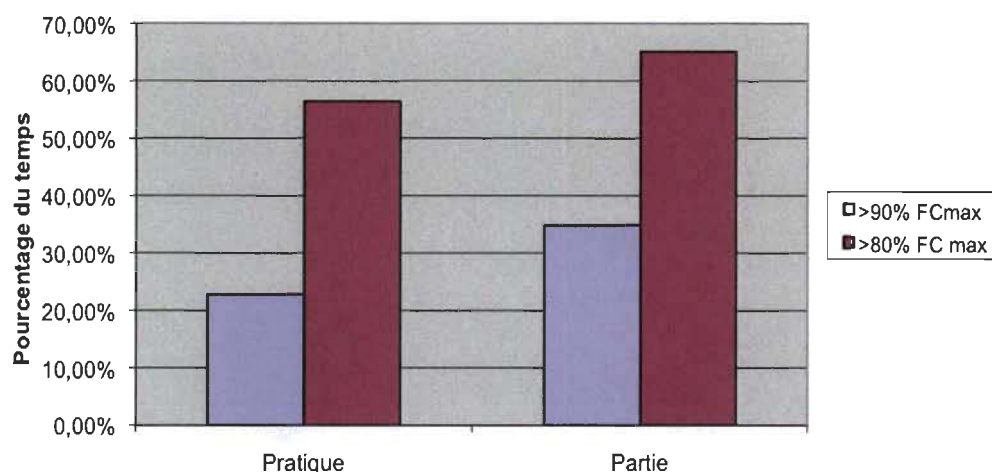


Figure 1. Comparaison des fréquences cardiaques durant une séance d'entraînement et une partie de hockey sur glace au niveau universitaire (adapté de Peddie (1995) à partir de l'étude de Horne, Renger, & Wiley)

Il est raisonnable de conclure à un manque d'intensité spécifique des pratiques pour rencontrer les exigences d'un match. Dans cette même optique, Spiering, Wilson, Judelson et Rundell (2003) ont évalué les fréquences cardiaques lors des parties et des séances d'entraînement sur la glace de 11 joueuses de l'équipe nationale américaine de hockey sur glace. Ils affirment qu'il est difficile de reproduire pendant les séances d'entraînement les exigences physiologiques que les joueurs subissent lors des matchs, et ce principalement à cause des nombreuses interventions de l'entraîneur (enseignement et correction). Par exemple, Spiering et al. (2003) rapportent que les fréquences cardiaques moyennes étaient supérieures à 90% de la fréquence cardiaque maximale durant 10% du temps des parties, comparativement à 6% du temps des séances d'entraînement ($p < 0,05$). Dans cette même étude, on a rapporté aussi que le stress

additionnel imposé sur les muscles sollicités dans l'action de patiner, dû aux nombreuses séances d'entraînement sur glace, crée une situation où la récupération musculaire s'avère insuffisante, et ce sans pour autant procurer un stress physiologique suffisant pour engendrer une amélioration de la condition physique (Spiering et al., 2003). Il semble alors que cette diminution du temps de récupération puisse créer un état de fatigue pouvant affecter de façon considérable la performance sur la glace. Cela est en contradiction avec les autres auteurs indiquant un stimulus insuffisant de l'entraînement des joueurs de hockey. Cette contradiction pourrait être due à l'encadrement des joueurs qui est beaucoup plus serré de nos jours.

Dans le «Plan de Hockey Canada pour le développement à long terme» (2013), au niveau midget, on recommande un total de quatre à cinq présences hebdomadaires sur glace. Donc, au cours d'une saison d'une durée de 30 semaines, cela représente un total de 120 à 150 fois sur la patinoire, que ce soit pour des matchs ou des séances d'entraînement. Puisqu'un hockeyeur midget devrait jouer un total de 55 à 60 parties au cours d'une saison (Hockey Canada, 2013), cela signifie qu'il aura entre 60 et 95 séances d'entraînement. Le volume étant élevé, il devient donc important de se préoccuper du dosage de l'intensité durant les séances d'entraînement afin d'optimiser l'entraînement. Le hockey étant un sport technico-tactique, il est important de trouver des méthodes d'entraînement pouvant à la fois servir à développer ces qualités et à améliorer la condition physique.

CHAPITRE II

CADRE THEORIQUE ET REVUE DE LITTERATURE

Les jeux à effectifs réduits et en espace restreint

Les jeux à effectifs réduits et en espace restreint: une pratique courante en entraînement

L'importance des JEER durant le développement d'un athlète remonte aux années 70 et viendrait de l'idée d'Horst Wein, chercheur, entraîneur de soccer, mentor des entraîneurs de soccer et auteur de plusieurs publications sur le domaine (Wein, 2004 ; Wein, 2007). Typiquement, les JEER sont des jeux compétitifs qui impliquent généralement moins de joueurs que le jeu traditionnel, et qui sont joués sur une plus petite surface (Willett, 2003; Jeffreys, 2005). De nombreux entraîneurs de différents sports, partout sur la planète utilisent cette pratique depuis plusieurs années pour favoriser les joueurs dans l'action. Il a été démontré que les bénéfices les plus importants concernent l'amélioration de la condition physique spécifique au sport, ainsi que le niveau de performance en situation compétitive. De tels bénéfices ont été observés plus spécifiquement lorsque les séances d'entraînement répliquent les demandes techniques et physiologiques de la compétition (Gabbett, Jenkins, &

Abernethy, 2009). À cet égard, le principe de spécificité est la clé de l'impact de ce type de séance (Jeffreys, 2005).

Au soccer, de nombreux chercheurs se sont penchés sur les retombées de cette pratique. L'impact physiologique semble varier selon plusieurs facteurs tels : les différents formats de jeux (p.ex. deux contre deux, quatre contre quatre) (Brandes, Heitmann, & Müller, 2012), le nombre de joueurs et les règles de jeu (Hill-Haas, Coutts, Dawson, & Rowsell, 2010; Abrantes, Nunes, Maças, Leite, & Sampaio, 2012), le type de contraintes (offensives et défensives) (Abrantes et al., 2012), et les actions techniques imposées (Abrantes et al., 2012). Les JEER au hockey sur glace font partie d'un module de stages spécialisés dans le programme national des entraîneurs-conseils (Hockey Canada, 2013). Par ailleurs, les JEER font déjà partie de l'ensemble des stades de développement du modèle de développement à long terme des joueurs de hockey (DLTA) et même à partir du stade d'initiation des jeunes de 5-6 ans (Hockey Canada, 2013).

La contribution des JEER dans les autres sports

Les JEER sont une approche éprouvée dans le contexte des sports collectifs. Les Européens les utilisent déjà depuis plusieurs années en hockey sur glace (Donskov, 2005). Ce type d'entraînement a poussé plusieurs chercheurs à s'interroger sur les bénéfices physiques, physiologiques, techniques, tactiques et psychologiques d'une telle pratique dans différents sports d'équipe comme le soccer, le rugby, le basketball, le volleyball et le hockey sur gazon. Le tableau 1 fait état des principales conclusions issues des travaux de recherche réalisés dans le contexte des JEER. De façon générale, les études que nous avons consultées rapportent que : a) la diminution du nombre de joueurs est associée à une augmentation de l'intensité de l'exercice (en termes de perception d'effort) ; b) l'augmentation du nombre de joueurs dans les exercices à effectifs réduits et en espace restreint est associée à une diminution des fréquences cardiaques maximales, et c) lors des exercices à effectifs réduits et en espace restreint, le nombre d'actions techniques réalisées par les joueurs est augmenté comparativement aux situations réelles de match, peu importe le sport. Le tableau 1 présente les constats issus des principales études qui se sont interrogées sur les impacts de cette approche.

Tableau 1. Synthèse des principales études en lien avec les avantages des jeux à effectifs réduits et en espace restreint

Auteurs	Sport	Participants	Conclusion / observation
Brandes et al. (2012) Allemagne	Soccer	Jeunes joueurs élités (n=17)	↓ joueurs = ↑ gains anaérobies ↑ nbre de joueurs = ↑ gains aérobie
Gabbett (2008) Australie	Volleyball	Joueurs de niveau junior (n=25) (15.6±0.1 années)	↑ gains physiques dans le groupe en contexte de match vis-à-vis le groupe axé sur la technique.
Köklü et al. (2011) Turquie	Soccer	Jeunes joueurs élités (n=16)	↓ nbre de joueurs = ↑ de l'intensité
McCormick et al. (2012) Australie	Basket-ball	Jeunes d'une équipe secondaire (n=12)	FC (moy.) match = FC (moy.) JEER ↓ nbre de joueurs = ↑ contacts de ballon
Owen, Twist et Ford (2004) Angleterre	Soccer	Joueurs professionnels d'une équipe de 2 ^{ième} division anglaise (âge=17.46 ± 1.05 années)	↑ joueurs = ↓ FC (moy. et max.) ↑ nbre de joueurs = ↓ le nombre total de gestes techniques/joueur
Sampaio et al. (2007) Espagne-Portugal	Soccer	Jeunes joueurs de niveau national (n=8)	↓ joueurs = ↑ perception d'effort
Sampaio, Abrantes et Leite (2009) Espagne-Portugal	Basket-ball	Jeunes joueurs de basketball (n=8)	↓ nbre de joueurs = >80% FC _{max}

Au soccer, la majorité des études consultées s'entendent sur le fait qu'une diminution du nombre de joueurs lors de JEER est associée à une augmentation de l'intensité de travail (Jeffreys, 2005; Sampaio, Garcia, Maças, Ibáñez, Abrantes, & Caixinha, 2007; Williams & Owen, 2007; Köklü, Aşçi, Koçak, Alemdaroğlu, & Dündar, 2011; Brandes et al., 2012). Dans ce sens, Owen, Twist et Ford (2004) ont démontré que les fréquences cardiaques moyennes diminuent lorsque le nombre de joueurs augmente. Sassi, Reilly et Impellizzeri (2005) ont comparé l'impact des JEER au soccer sur différents paramètres physiologiques. Par exemple, les fréquences cardiaques et la lactatémie lors d'un entraînement en intervalles (4 X 1000 m) sans ballon ont été comparées avec celles d'un entraînement avec des JEER (par exemple, situation de quatre contre quatre) avec ballon. Les chercheurs ont conclu que les JEER procurent un stimulus comparable sinon quelquefois plus élevé que l'entraînement en intervalles sans ballon. Ils affirment aussi qu'un entraînement technique-tactique devrait comprendre une période de récupération adéquate pour les athlètes, puisque que le stimulus est relativement élevé. De plus, Brandes et coll. (2012) affirment qu'il est nécessaire de considérer le nombre de joueurs impliqués afin de déterminer les systèmes d'énergie qui seront priorisés pendant les périodes de jeu.

Sampaio et ses collègues (2007) ont analysé la perception d'effort ainsi que les fréquences cardiaques chez un groupe de huit joueurs de soccer évoluant sur le circuit national (15 ± 0 ans) dans deux situations à effectifs réduits et en espace restreint. La première était une situation à deux contre deux et l'autre était une situation à trois contre trois. Les chercheurs ont remarqué qu'à enjeu égal ou de même nature, la diminution du

nombre de joueurs lors d'un JEER provoque une augmentation de la perception d'effort des joueurs de soccer ($p \leq 0,05$). Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna et Impellizzeri (2009) appuient l'étude de Sampaio et al. (2007) en indiquant que la perception d'effort est un excellent indicateur d'intensité durant des exercices intermittent comme des JEER au soccer. Pour les activités anaérobies, Little et Williams (2007) suggèrent que les fréquences cardiaques peuvent sous-estimer la dépense énergétique de l'exercice. Il semble que le fait d'utiliser des gardiens de but au soccer, lors de JEER augmente les fréquences cardiaques des joueurs (Dellal, Chamari, Pintus, Girard, Cotte, & Keller, 2008). Cela s'explique du fait que la présence de gardiens de but augmenterait la motivation des joueurs à marquer et à défendre leur propre gardien de but. Pour un même type de jeu (huit versus huit), la présence de gardiens de but augmente les fréquences cardiaques de 12% (Dellal et al., 2008).

Gabbett et ses collègues (2009) affirment, quant à eux, que les JEER peuvent être aussi exigeant physiologiquement que la pratique du sport (dans le cas présent le soccer) mais ne peuvent pas simuler spécifiquement la haute intensité de travail comme les sprints répétés en compétition. En ce qui a trait au rugby, Gabbett (2005) a démontré que les fréquences cardiaques en match (moyenne de 152 battements par minute) étaient similaires à un entraînement entièrement composé de JEER (155 bpm). On rapporte aussi dans cette étude qu'il y a des ressemblances quant au niveau du pourcentage moyen de la fréquence cardiaque (78% vs. 79% de la fréquence cardiaque maximale) et de la fréquence cardiaque maximale atteinte en match ou à l'entraînement (189 bpm vs 187 bpm). Gabbett (2008) a aussi étudié les impacts de deux types d'approches au

volleyball chez des juniors. L'une consistait à entraîner les athlètes grâce à de jeux spécifiques au sport et l'autre était une approche axée sur le développement des habiletés technique des joueurs. Gabbett (2008) a démontré que les jeux spécifiques induisaient des gains multiples dans différentes sphères comme la vitesse, la force du haut du corps, et l'agilité. De plus, l'entraînement à l'aide de jeux spécifiques à effectifs réduits offre des conditions d'entraînement qui se rapprochent le plus des conditions retrouvées en situation de compétition chez les juniors au volleyball.

On rapporte aussi des bienfaits des JEER pour l'apprentissage et le développement des habiletés techniques du sport. Sur le plan technique au soccer, Owen et al. (2004) indiquent que le fait d'ajouter des joueurs au JEER cause une augmentation totale des gestes techniques (passes, dribbles, virages, etc.), mais diminue le nombre de gestes effectués par chaque individu. Puisque le nombre de gestes effectués est réduit, l'augmentation du nombre de joueurs explique en partie la diminution des fréquences cardiaques moyennes (Owen et al., 2004). Par exemple, au soccer, les passes se sont avérées le geste technique le plus fréquemment utilisé dans un JEER (Owen et al., 2004). Dans ce contexte de jeu, il est donc plausible de croire que le jeu proposé puisse contribuer au développement des habiletés à passer le ballon. Dans une revue de littérature, Little (2009) souligne les avantages techniques mais aussi tactiques d'une telle pratique au soccer.

Les JEER en hockey sur glace

Un JEER typique au hockey sur glace est de jouer dans un des deux fonds de territoires (de la ligne bleue à la ligne de but) et peut aussi être joué dans un coin de patinoire, en largeur de patinoire («cross-ice»), entre les points de mises en jeu ou n'importe quelle autre zone incluant la zone centrale (Willett, 2003). La plupart des JEER sont conçus pour enseigner une combinaison d'habiletés individuelles et sont plus facilement joués dans un format utilisant la largeur de la patinoire (Willett, 2003). Cependant, quelques jeux peuvent être modifiés de façon à jouer sur une surface plus petite ou plus grande favorisant le développement de tactiques collectives telles les situations d'avantage numérique ou de sorties de zone (Willett, 2003). Durant un JEER, les joueurs touchent plus souvent à la rondelle et ce pour diverses raisons : (1) l'espace de jeu réduit, (2) le nombre moindre de joueurs, et, (3) les conditions indiquées par l'entraîneur (Willett, 2003). Dans ce sens, peu importe son niveau de jeu (atome, pee-wee, bantam, midget, etc.), un joueur passe habituellement plus de temps avec la rondelle lors d'une séance d'entraînement avec un JEER que dans un match (Willett, 2003). Cependant, il demeure aussi important de se préoccuper des impacts potentiels des JEER chez les gardiens de but. Puisqu'on leur porte parfois moins d'attention, les gardiens de but sont souvent oubliés, voire même négligés durant les séances d'entraînement sur glace (Willett, 2003). La plupart des exercices sur pleine glace ne procurent pas suffisamment de défis aux gardiens de but car les tirs au but viennent tellement rarement qu'ils laissent trop de temps de récupération aux gardiens pour récupérer (Willett, 2003). Par contre, lorsque les tirs multiples se présentent, l'intensité

est très élevée (Willett, 2003). Les gardiens de but peuvent bénéficier des JEER puisqu'ils y voient une réelle compétition en plus de recevoir autant sinon plus de tirs que dans un match (Willett, 2003).

Les objectifs de l'utilisation des JEER au hockey sur glace

Les objectifs de tels jeux au hockey sur glace sont nombreux. Les entraîneurs peuvent désirer développer les habiletés technico-tactiques ou bien les tactiques collectives. Il est rare de voir un entraîneur insérer un JEER exclusivement pour les bénéfices cardiovasculaires des joueurs. Voici un court résumé de chacune des habiletés potentiellement développées.

Les habiletés technico-tactiques

Les JEER sont considérés comme des jeux spécifiques au sport comme le hockey car ils peuvent comporter des mouvements latéraux, des départs, des arrêts, des virages brusques serrés, des croisés, des transitions, du patinage avant et du patinage arrière. Dépendamment du JEER choisi, les passes sont aussi un élément important. Parfois les entraîneurs peuvent utiliser des règles afin d'avoir un nombre spécifique de passes avant de pouvoir tirer au filet. Comparativement à un match normal, les jeux à effectifs réduits apportent plus d'occasions de tirs au but. Différents types de tirs se retrouvent dans ce type de jeu tels les tirs du revers dans l'enclave ainsi que plusieurs lancers dus aux rebonds donnés par le gardien de but. Un autre rôle clé de tels jeux pour le développement des habiletés techniques est la plus grande possibilité de manier la

rondelle. Puisque dans les situations à effectifs réduits et en espace restreint chaque joueur peut bénéficier d'un nombre plus élevé de contacts avec la rondelle, il peut ainsi potentiellement développer ses habiletés de façon optimale. De plus, la plupart des JEER permet aux joueurs de travailler le maniement de la rondelle avec l'utilisation de la bande (zone offensive). Les joueurs développent ainsi une habileté souhaitée de travailler en équipe dans la zone adverse ce que les joueurs de hockey font dans les matchs. Une autre des particularités des JEER est les transitions entre l'offensive et la défensive (vice et versa). Les jeux peuvent incorporer des sorties de zone ainsi que des approches au porteur de la rondelle permettant aux joueurs de s'améliorer dans cette facette de jeu. Les JEER forcent d'ailleurs les joueurs à utiliser leur corps pour protéger la rondelle. Dans des situations où il y a une bataille pour la rondelle, la protection de rondelle est extrêmement importante.

Les habiletés reliées aux tactiques collectives

Plusieurs JEER ont l'avantage d'être reproduits à l'entraînement pour répliquer la réalité des parties. Les formations tactiques collectives spécifiques peuvent ainsi être pratiquées. Une autre habileté développée à l'intérieur d'un jeu en superficie réduite est celle du soutien au porteur. Les joueurs y apprennent aussi à se positionner afin de recevoir les passes, à anticiper les revirements et à exécuter des interférences pour aider leurs coéquipiers. Les joueurs acquièrent ce sens via l'expérience et les multiples répétitions.

Les bienfaits des JEER au hockey sur glace

C'est à travers à une démarche de résolution de problème que les joueurs développent plusieurs options différentes pour créer des jeux en situation de match (Willett, 2003; Grillo, 2013). Le fait de jouer sans les lignes bleues encourage des jeux plus créatifs et décourage les systèmes de jeu où les joueurs lancent la rondelle en fond de patinoire (Lakeshore Minor Hockey Association, 2013). Un autre bénéfice potentiel des JEER est l'augmentation de la compétition entre les joueurs (Willett, 2003). Si l'enjeu est motivant, les JEER forcent les joueurs à travailler plus fort à une vitesse similaire à celle des parties et permettent à ces derniers d'apprendre à réussir face à la compétition (Willett, 2003). Souvent, les entraîneurs insistent pour que leurs joueurs fassent une variété d'exercices d'endurance sur la glace tels que les *suicides* («Herbies») ou bien des bandes à bandes (Willett, 2003). Les entraîneurs utilisant les JEER plutôt que des entraînements de conditionnement physique sur glace traditionnels trouvent que leurs joueurs sont plus enthousiastes à l'idée de travailler fort lors des séances d'entraînement parce qu'ils ont du plaisir tout en se retrouvant en situation de compétition (Willett, 2003). De plus, les JEER permettent d'avoir un plus grand nombre de joueurs en action comparativement à des exercices traditionnels où les joueurs attendent en ligne avant d'exécuter l'exercice (Willett, 2003). Les JEER procurent aussi une variété de scénarios propice à l'enseignement et aux apprentissages (Grillo, 2013). Bien que plusieurs bénéfices des JEER soient déjà connus, beaucoup reste à être étudié quant aux bienfaits et aux impacts physiologiques de ce type de pratique.

Malgré le fait que l'aspect tactique et technique des JEER au hockey sur glace soit mieux documenté et établi, les exigences physiologiques des JEER n'ont pas été étudiées au hockey sur glace. Tel que nous l'avons rapporté dans les sections précédentes, la charge de travail à l'entraînement à laquelle sont soumis les joueurs de hockey de niveau midget est devenue considérable et peut occasionner des effets indésirables qui pourraient affecter la performance de ces derniers. D'un autre côté, lors de la saison, à cause du nombre élevé de parties de hockey, il est parfois difficile d'intégrer des entraînements hors glace visant l'amélioration ou le maintien des qualités cardiovasculaires des athlètes. Il serait intéressant de déterminer l'intensité développée par les joueurs pendant les JEER afin de connaître leur potentiel d'améliorer ou maintenir les capacités cardiovasculaires des athlètes. Il devient justifié de déterminer les approches qui permettront d'optimiser le développement des capacités physiologiques des joueurs, et ce, tout au long d'une saison de hockey.

Les exigences physiologiques du hockey sur glace

Les systèmes d'énergie utilisés

Le hockey sur glace est un sport intermittent caractérisé par du patinage rapide et explosif avec des changements de direction brusques (Twist & Rhodes, 1993). Par ailleurs, le hockey est un sport physiquement intense qui sollicite le corps pour l'exécution de gestes techniques, les demandes d'énergie requises et les contacts physiques (Twist & Rhodes, 1993). Les tâches exigées par les joueurs sont très élevées et habituellement relativement courtes (Twist & Rhodes, 1993). Ainsi, pendant une présence de 45 à 60 secondes sur la glace, les joueurs réalisent plusieurs périodes très intenses (accélérations, lutte pour la reprise de la rondelle près de la bande), entrecoupées de périodes à moyenne ou faible intensité (mises au jeu, attente lorsque la rondelle est loin de sa position, etc.) (Cox et al., 1995). Il faut mentionner qu'après la présence sur la glace, les joueurs reviennent au banc et sont remplacés par d'autres joueurs et qu'habituellement il y a entre 3 à 4 trios de joueurs d'avant pour 3 paires de défenseurs. Dépendamment de leur rôle dans l'équipe, les attaquants de niveau professionnel ont typiquement un rapport travail/repos de 1 : 3. Autrement dit, si un attaquant joue une minute sur la glace, son temps sur le banc d'équipe (repos) sera d'environ trois minutes. Les défenseurs, selon leur rôle dans l'équipe, peuvent avoir un rapport de 1 : 1, 1 : 2 ou bien 1 : 3 dépendant de leur utilisation, de la nature de la situation (offensive ou défensive), ainsi que du positionnement de la rondelle (Pollitt, 2003; Willett, 2003). Pendant la présence sur la glace, la moyenne des fréquences cardiaques oscille entre 85% et 90% de la fréquence cardiaque maximale (FC_{\max}) (Twist

& Rhodes, 1993). Dans la LNH, les fréquences cardiaques moyennes varient d'une étude à l'autre passant de 168 bpm à 180 bpm (Wilson & Hedberg, 1976; Davis, 1991), de telles valeurs étant représentatives d'une intensité particulièrement élevée. Par ailleurs, les fréquences cardiaques atteignent presque tout le temps leur valeur maximale (Wilson & Hedberg, 1976). Selon Green, Bishop, Houston, McKillop, Norman et Stothart (1976), les fréquences cardiaques des joueurs de niveau universitaire descendent sous les 125 battements par minute quand ils récupèrent au banc des joueurs entre leurs présences sur la glace.

Système aérobie. Le système aérobie contribue pour 60-70% des demandes en énergie du corps humain pour des efforts à intensité moyenne. (Twist & Rhodes, 1993). Le système aérobie joue par ailleurs un rôle vital en période de récupération entre deux segments intenses sur la glace car il accélère la resynthèse de la créatine phosphate. Ainsi, la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) chez les attaquants élites est idéalement au-dessus de $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ et au-dessus de $50 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ pour les élites défenseurs et gardiens de but (Twist & Rhodes, 1993). On considère que le système aérobie contribue à 40% de la production d'énergie totale au hockey (Hoffman, 2012). Green, Pivarnik, Carrier et Womack (2006) soutiennent par ailleurs que des valeurs élevées du VO_{2max} amélioreraient aussi les chances de marquer au hockey sur glace. Ainsi, les joueurs de l'équipe ayant les plus hauts VO_{2max} auront un avantage physiologique sur les joueurs de l'autre équipe. Cet avantage permettra ainsi d'avoir plus de chances de marquer. Si deux équipes sont égales sur le plan tactique et

technique, l'équipe qui aura les joueurs possédant la plus haute consommation maximale d'oxygène pourra possiblement contrôler le rythme de la partie (Wilson & Hedberg, 1976). Généralement, les joueurs ayant la plus haute consommation maximale d'oxygène ont la capacité de préserver l'utilisation du système anaérobie, tandis que ceux ayant une consommation aérobie plus faible devront avoir recours davantage au système anaérobie pour la même charge de travail.

Systèmes anaérobies. Les systèmes anaérobies procurent la majeure source d'énergie (ATP) pour les contractions musculaires durant un match de hockey (Twist & Rhodes, 1993). Le système anaérobie alactique (ATP-PCr) est important pour les départs rapides et puissants au hockey (Twist & Rhodes, 1993). Quant au système anaérobie lactique, il fournit de l'énergie pendant 30 à 60 secondes (Twist & Rhodes, 1993). La production d'ATP de façon anaérobie est maximale pour une durée d'effort de 30 à 45 secondes mais peut durer jusqu'à 120 secondes tout dépendant de l'intensité de travail (Twist & Rhodes, 1993). La contribution énergétique approximative du système anaérobie alactique est de 30% (Hoffman, 2012). Il en est de même pour le système lactique (30%) (Hoffman, 2012). Les systèmes anaérobies contribuent à 60% du total de la production d'énergie (Hoffman, 2012).

Dépense énergétique sur la glace

Seliger, Kostka, Grušová, Kováč, Machovcová, Pauer, Příbylová et Urbánková (1972) ont étudié la dépense énergétique auprès d'un groupe de 13 joueurs de hockey tchécoslovaques de niveau national (âge=24,4 ans). Dans cette étude, ils ont démontré qu'une présence sur la glace était d'une durée moyenne de 1,17 minute, suivie de 3 min. de récupération, la consommation d'oxygène durant la période de récupération était de 69% du $VO_2\text{max}$. Dans cette même étude, la VO_2 mesurée par calorimétrie indirecte durant la présence sur glace était en moyenne de $32 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ représentant approximativement 66% de la puissance aérobie maximale. Seliger et al. (1972) ont aussi démontré une plus grande contribution des métabolismes anaérobies (69%) que du métabolisme aérobie (31%). Durant un jeu simulé, les fréquences cardiaques sur glace étaient de 152 bpm (Seliger et al., 1972). Green et al. (1976) ont utilisé la télémétrie des fréquences cardiaques chez des joueurs de hockey universitaires pour examiner leur dépense énergétique. La dépense énergétique moyenne des joueurs sur glace est estimée à 70-80% de leur $VO_2\text{max}$ (Green et al., 1976; Paterson, 1979). Selon Paterson (1979), la consommation d' O_2 durant une partie (~ 2,25 heures) excède 90% du $VO_2\text{max}$ pendant 30 minutes. Seliger (1968) indique que la dépense énergétique du hockey sur glace est de $0,43 \text{ kcal/min/kg}$. Dans cette même étude, Green et al. (1976) affirment que la vitesse de patinage représente la composante majeure de l'intensité du travail. Les multiples changements de direction, les accélérations, les tirs au but et les contacts physiques tels les mises en échec augmentent l'intensité du travail (Green et al., 1976). Utilisant la télémétrie, Wilson et Hedberg (1976) ont démontré que les fréquences

cardiaques sur la glace sont légèrement plus élevées que sur le tapis roulant quand la demande en O₂ est la même dans les deux cas. Le tableau 2 ci-dessous présente la progression du VO₂max des joueurs de hockey depuis les travaux réalisés par Wilson et Hedberg (1976). Nous pouvons observer, que, sur une période de plus de 40 ans, les valeurs relatives de la VO₂max des joueurs sont relativement stables, celles-ci n'ayant peu ou pas augmenté sur cette période (1965-2006). Cependant, la consommation d'oxygène en valeur absolue (exprimée en litres par minute) a considérablement augmenté chez les joueurs de hockey depuis 1965 (Wilson & Hedberg, 1976). Cette hausse est probablement due à l'augmentation de la taille et du poids des joueurs au courant des dernières années, ainsi qu'à une amélioration de la condition physique aérobie des joueurs (Quinney, Dewart, Game, Snyder, Warburton, & Bell, 2008).

Tableau 2

Évolution (1965-2006) de la consommation d'oxygène maximale (VO₂max) au hockey sur glace

Sujets	Année	n	VO ₂ moyen (L/min)	VO ₂ max moyen (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Auteurs
Équipe élite de Suède	1965-66	13-24	4,4	53,6	Wilson & Hedberg (1976)
Équipe élite de Suède	1970-71	24	4,4	56,3	Wilson & Hedberg (1976)
Équipe élite de Suède	1973-74	8	4,9	63,7	Wilson & Hedberg (1976)
Équipe nationale de Suède	1965-66	-	4,2	55,0	Wilson & Hedberg (1976)
Équipe de première division : Djurgardens	1970-71	-	4,3	56,0	Wilson & Hedberg (1976)
Joueurs de la LNH	1980	38	-	53,0	Cox et al. (1993)
Joueurs de la LNH	1984	30	-	54,1	Cox et al. (1993)
Joueurs de la LNH	1988	23	-	58,0	Cox et al. (1993)
Joueurs de la LNH	1991	72	-	60,6	Cox et al. (1993)
Défenseurs aux tests physiques de la LNH	1998-2006	277	5,1	56,7	Burr et al. (2008)
Attaquants aux tests physiques de la LNH	1998-2006	493	5,0	58,1	Burr et al. (2008)
Gardiens aux tests physiques de la LNH	1998-2006	83	4,7	55,9	Burr et al. (2008)

La préparation physique du joueur de hockey sur glace est un aspect très important de ce sport de nos jours. Cette réalité nous pousse à regarder vers le contenu des entraînements spécifiques sur glace des hockeyeurs. Ayant été étudiés à maintes reprises dans les autres sports comme le soccer et le volleyball, les JEER représentent un stimulus spécifique d'entraînement. Nous croyons que les JEER ont le même potentiel au niveau du hockey sur glace. Dans notre projet, nous désirons aider les entraîneurs afin qu'ils puissent élaborer de meilleures prescriptions d'entraînement pour ainsi améliorer la qualité de leurs séances d'entraînement et maximiser les bénéfices associés à la performance sportive.

CHAPITRE III

OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE

Objectifs

L'objectif général de cette étude est de mesurer la dépense énergétique des JEER en hockey sur glace. Dans cette étude, nous analyserons la dépense énergétique des JEER dans le but d'améliorer la prescription des JEER fait par les entraîneurs. Pour répondre à l'objectif général du projet d'étude, nous porterons notre attention sur deux objectifs spécifiques.

Le premier objectif consiste à analyser l'intensité de l'effort déployé pendant les séances d'entraînement par les joueurs pendant six situations de JEER. De façon générale, nous voulons comparer l'intensité de différents contextes de JEER en hockey sur glace. Quatre marqueurs d'intensité seront mesurés au cours de ces jeux : (a) la moyenne des fréquences cardiaques maximales atteintes dans chaque répétition en espace restreint, exprimée en pourcentage de fréquence cardiaque maximale ($\%FC_{\max}$); (b) le pourcentage moyen des fréquences cardiaques observé durant les plages d'effort et de récupération de chaque JEER exprimée en $\%FC_{\max}$; (c) l'estimé de la moyenne de la consommation maximale d'oxygène atteinte dans chaque JEER, exprimée en litres par minute (L/min) et (d) l'estimé moyen de la consommation d'oxygène observé durant les plages d'effort et de récupération de chaque JEER exprimé en L/min. En second lieu, nous voulons vérifier si certains formats de JEER sont plus exigeants sur le plan de la dépense énergétique. Tel que cité dans les sections précédentes, il semble y avoir des

différences selon le format de jeu proposé. Pour le présent projet, nous comparerons la consommation d'oxygène de six formats de jeux : (1) jeu à un contre un dans un coin de patinoire, (2) jeu à deux contre deux dans un territoire (zone) rétréci, (3) jeu à deux contre deux avec un joueur pivot dans un territoire, (4) jeu à trois contre trois avec un joueur pivot dans une zone, (5) jeu à trois contre trois dans un territoire avec transitions de jeu, et (6) jeu quatre contre quatre dans un territoire avec deux joueurs pivot. Ces formats de jeu (illustrés à la figure 2) sont couramment utilisés dans le domaine du hockey, et nous les décrirons plus clairement dans la section suivante.

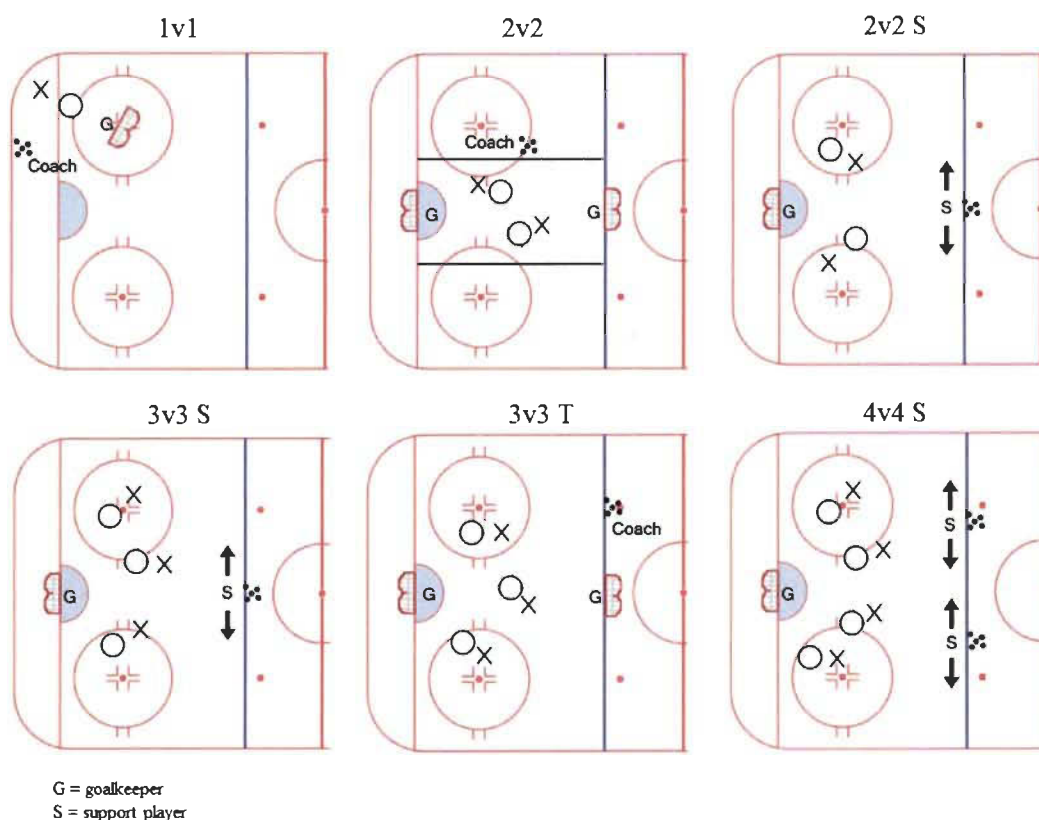


Figure 2. Les six jeux à effectifs réduits et en espace restreint testés sur glace.

Hypothèses

La recension des écrits nous permet d'anticiper des résultats, quoique ceux-ci n'aient pas été testés dans le domaine du hockey sur glace. En se basant sur notre revue de la littérature, il est permis de croire qu'un jeu impliquant moins de joueurs occasionnera potentiellement des fréquences cardiaques plus élevées, et par conséquent, une plus grande dépense énergétique. À cet égard, nous croyons que la situation de jeu en un contre un sera potentiellement la plus exigeante au plan des exigences physiologiques. De façon plus spécifique, nous croyons qu'il puisse y avoir des différences associées au format de jeu. La présente étude permettra de répondre à cette préoccupation puisque nous prendrons soin de comparer des jeux ayant le même nombre de joueurs impliqués, mais dans des contextes différents. Étant donné le peu de données empiriques relatives à ce domaine d'étude au hockey sur glace, nous jugeons très intéressant de comparer les différents formats de jeu.

Pertinence de l'étude

À ce jour, aucune étude ne traite ni des JEER au hockey sur glace, ni de la dépense énergétique des JEER au hockey sur glace. Ce projet novateur comporte des retombées potentielles au niveau des nouvelles connaissances qu'elles pourront procurer aux entraîneurs de hockey sur glace. Nous désirons faire des recommandations à ces derniers afin qu'ils puissent planifier des entraînements de qualité, répondant aux exigences de leur sport. Actuellement, le JEER au hockey sur glace est essentiellement utilisé pour sa

contribution sur les aspects techniques et tactiques des jeux. La contribution de cette étude permettra dorénavant aux entraîneurs d'utiliser cette pratique sous un autre angle, celui d'augmenter l'intensité spécifique à l'entraînement afin d'accroître la condition physique des hockeyeurs sur glace.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

ENERGY EXPENDITURE BY ELITE MIDGET MALE ICE HOCKEY PLAYERS IN
SMALL-SIDED GAMES

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the energy expenditure (EE) and heart rate (HR) responses elicited in elite male Midget ice hockey players during small-sided games (SSGs). Nine players (aged 15.89 ± 0.33 years) participated. Maximal progressive treadmill testing in the laboratory measured the relationship of oxygen consumption (VO_2) to HR before on-ice assessments of HR during SSGs. Six different SSG patterns were tested: 1v1, 2v2, 2v2 with support player, 3v3 with support player, 3v3 with transitions and 4v4 with 2 support players). HR was recorded continuously in each game. Four intensity markers were analyzed: 1) mean HR peak expressed as percentage of maximal HR reached during each SSG ($\% \text{HR}_{\text{effort-peaks}}$), 2) mean HR during an entire SSG (including active and recovery segments) expressed as percentage of maximal HR ($\% \text{HR}_{\text{mean-total}}$), 3) average peak EE expressed as L of O_2/min (oxygen consumption) reached during each SSG ($\text{EE}_{\text{effort-peaks}}$), and 4) total EE (resting and active) ($\text{EE}_{\text{mean-total}}$). Repeated-measures analysis of variance verified differences between SSGs ($F=9.60$ to 15.91). 3v3 T SSG was the most intense for all 4 intensity markers. All 6 SSGs reached 89% HR_{max} or more with HR peaks in active effort repetition. These findings demonstrate that such SSGs are considered as high intensity games and have the potential of being an effective training method for ice hockey players.

Keywords: *heart rate, coaching, team sport, oxygen consumption*

A. INTRODUCTION

Ice hockey is a popular sport played by more than 1.6 million people around the world (16). Typically, a game lasts 60 minutes divided into 3 periods of 20 minutes where players spend many intensive 45- to 60-second bouts on the ice (4). Players can reach 85-90% of their maximum heart rate (HR_{max}) on a single shift on the ice (21, 25). From a metabolic point of view, ice hockey requires both aerobic and anaerobic energy pathways to sustain the high pace of the game.

At the beginning of the 1980s, many authors became interested in ice hockey physiology to help develop better ice hockey players (5, 8, 20). At that time, their findings contributed to the identification of some concerns about on-ice practices. In summary, they suggested that ice hockey practices and game play were not intense enough to provide physiological challenges and maintain or improve fitness among ice hockey players (5, 8, 20). Moreover, many ice hockey players complained of "heavy legs" in the late part of the season (4). At that time, "heavy legs" syndrome was perceived by many players to be a consequence of overtraining. Cox and colleagues (4) suggested that it might be due to under-training and not over-training. To test this hypothesis, they studied multiple physiological aspects, such as HR, intensity and energy expenditure (EE) in 3 National Hockey League players during a game. They observed that players spent between 9 to 19% of their ice time above the lactate threshold. In the second part of their study, they showed that games and practices, no

matter what their intensity levels, were not enough to provide physiological adaptations that could improve the fitness levels of elite ice hockey players.

Spiering et al. (24) observed a lack of specificity in hockey practices. In their study, American women elite ice hockey players attained an average of 90% of HR_{max} ($\pm 2\%$) during games compared to 76% ($\pm 3\%$) in practices. They concluded that teaching individual tactics, team systems, and coaches' feedback during skills development drills (skating, shooting, etc.) are components that could diminish training intensity.

To improve conditioning among their players, sports team coaches add technical, tactical, fitness, and sport-specific types of practices. In recent years, they have introduced small-sided games (SSGs) to develop fitness and skills in their athletes. Typically, SSGs are competitive games that generally involve fewer players than in normal games and are played in a smaller area (12). Over the last decade, SSGs has been studied in soccer (1, 14, 19, 22), rugby (6), basketball (17, 23), volleyball (7) and field hockey (12). For example, Owen et al. (19) reported a significant inverse relationship between numbers of players, HR_{max} and mean heart rate (HR_{mean}) among young English soccer professionals aged 17.46 years. They demonstrated that as the number of players increases, HR_{mean} and HR_{max} tend to decrease. Köklü et al. (14) and Brandes et al. (1) obtained similar SSG-related results, i.e., as the number of players decreased, intensity increased. Sampaio et al. (22) studied relationships between the rate of perceived exertion (RPE) and the number of players in 2 soccer SSGs (2v2 and 3v3) among 8 national standard players aged 15 years. To assess the specificity of SSGs in basketball,

McCormick et al. (17) tested 12 males aged 15 years and observed that HR_{mean} was not significantly different between 3v3 SSG and regular games (5v5).

To our knowledge, no SSG study of ice hockey players has yet been conducted. The purpose of this investigation was to assess the physiological demands associated with SSGs during ice hockey practices. More specifically, it aimed to examine EE during multiple types of SSG patterns. We wanted to verify intensity differences between various types of SSGs played during hockey practices. We wanted to see if small-sided games potentially increased training intensity. We based our hypothesis on prior research conducted in other team sports, suggesting that SSGs with fewer players are associated with higher exercise intensity.

B. METHODS

Experimental Approach to the Problem

SSGs are studied and well-documented in other team sports, such as soccer, rugby and field hockey. No ice hockey SSG investigation has yet been performed. This paucity of scientific data underlines the relevance of our work. Prior to field measurement, participants were subjected to laboratory treadmill testing to assess their oxygen consumption (VO_2) correlated with HR. After prior assessment, players were tested in 6 different on-ice patterns, chosen by the team's head coach. These 6 game patterns were selected because they are most commonly implemented in ice hockey practices by coaches. All study participants played the same SSG one at a time, with the exception of 1v1, where we split them into 2 groups.

Participants

Nine elite Midget AAA male ice hockey players (8 forwards and 1 defenseman) agreed to participate in the study (see Table 1 for descriptive statistics). They were involved in a yearly structured planning of 4 to 5 ice and off-ice weekly sessions, plus 1 to 2 games per week during the competitive season. Participants and their parents were fully informed about the experimental risks and signed a consent form prior to the study. All participants were met to explain the purpose of the study and to provide additional information. This project was approved by the university Research Ethics Committee.

Table 3. Participants' characteristics (mean \pm SD; $n = 9$)

Age (years)	Weight (kg)	Height (m)	BMI (kg/m ²)	Body fat (%)	HR _{max} (beats/min)	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
15.89 \pm 0.33	76.12 \pm 8.75	1.79 \pm 0.07	23.74 \pm 2.28	15.42 \pm 3.11	193 \pm 4.03	59.60 \pm 4.23

BMI: body mass index

Procedures

SSG context. Prior to the on-ice study, all participants performed a laboratory-based treadmill maximal oxygen uptake test (VO_{2max}). Field-testing was conducted over 3 weeks on the same Olympic-sized rink (30 m x 60 m). Players were tested in 6 different SSGs (illustrated in Figure 1) on 4 different sessions: 1) 3v3 transitions (3v3 T), 2) 2v2, 3) 3v3 + support player (3v3 S) and 2v2 + support player (2v2 S); 4) 1v1 and 4v4 + 2 support players (4v4 S). A support player could help the team that has possession of the puck, and his positioning on the ice is virtually static. In our study, the support players were always team coaches. SSGs performed in the third and fourth sessions (e.g., 1v1 and 4v4 S) were separated by at least 5 minutes of rest between each of them. Following the recommendations of Willett (26), every SSG lasted 8 to 10 minutes. At the beginning of each session, coaches directed a 15- to 20-minute warm-up at high tempo. Each SSG was supervised by at least 1 qualified coach. Every active SSG

portion always lasted 30 seconds of play, and the length of rest in each SSG was determined by the number of players who participated in practices (Table 2). Moreover, rest lengths were slightly increased (e.g., 10 to 15 seconds) because of numerous player changes every 30 seconds. Rest between repetitions was passive. A repetition always started (and ended) with a whistle call. In each SSG, no inactive time was due to lost pucks outside the playing zone and/or goal celebrations. Players were accustomed to SSG training and were verbally encouraged to maintain high work intensities throughout each game. Goalkeepers were involved in all SSGs but none of their data was retained for study. Therefore, all players participated in all 6 SSGs.

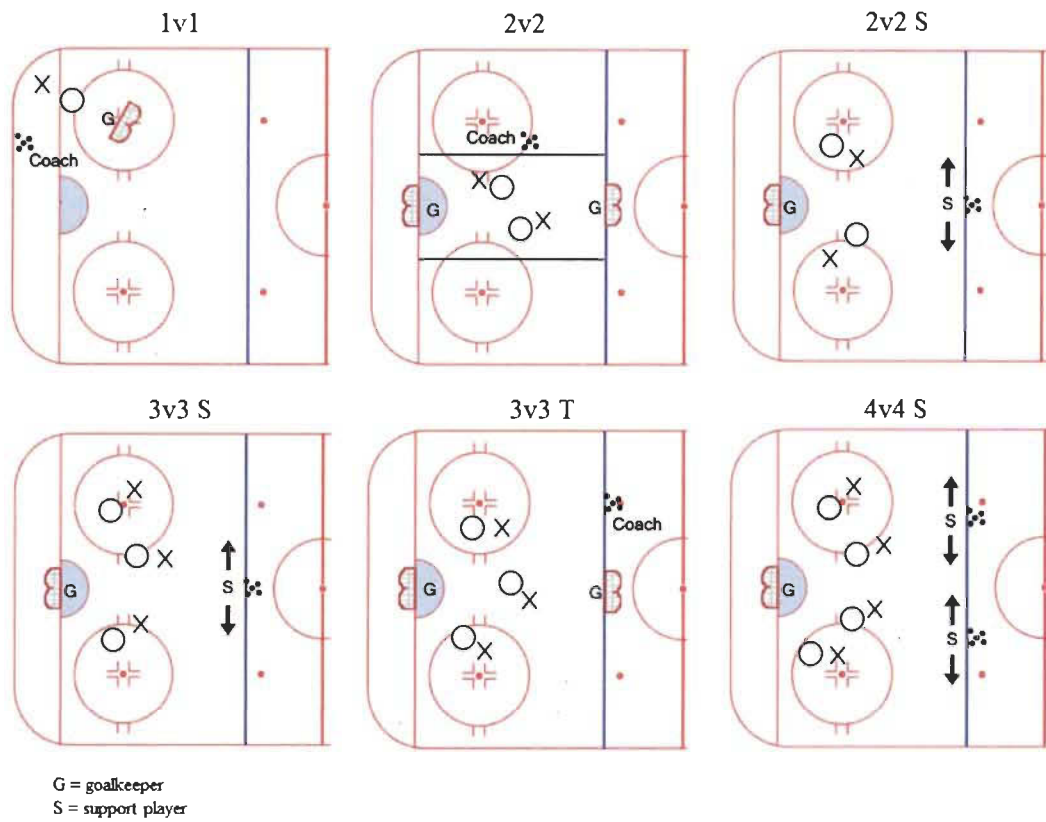


Figure 3. Six on-ice SSG patterns

Table 4. SSG characteristics

	1v1	2v2	2v2 S	3v3 S	3v3 T	4v4 S
Work-rest ratio	1:3	1:3	1:3	1:2	1:2	1:1

Measures. Prior to $\text{VO}_{2\text{max}}$ testing, each player's height was measured, and weight was obtained on a bio-impedance scale (Tanita BF-350 Body Composition Analyzer, Tanita, Tokyo, Japan). $\text{VO}_{2\text{max}}$ was determined by laboratory testing on a treadmill (Model 643, Quinton Instruments, Seattle, WA, USA). The treadmill running protocol began with a 5-minute warm-up at a $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ constant pace (1% gradient). In stage 1, treadmill speed was set at $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (2% gradient) for 3 minutes. Thereafter, its speed was increased by $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and gradient by 1% every 3 minutes until voluntary exhaustion occurred. Expired gases were recorded by a calibrated gas analysis system (Moxus, AEI Technologies, Pittsburgh, PA, USA) during the entire test. Blood lactate (Lactate Pro LT-1710, Arkray Inc., Kyoto, Japan) was measured directly after testing ended. During testing, VO_2 and HR (RS800CX, Polar, Kempele, Finland) data were collected and averaged every 20 seconds. $\text{VO}_{2\text{max}}$ was defined as the highest oxygen consumption and confirmed if 2 out of 3 criteria were met: a) ± 10 age-predicted maximum heart rate, b) respiratory exchange ratio > 1.1 , and c) blood lactate $> 8 \text{ mmol/L}$. HR_{max} was determined as the highest HR attained and represented SSG intensity as percentage of HR_{max} ($\%\text{HR}_{\text{max}}$). A metabolic data graph was drawn of the HR and VO_2 relationship for each player, and an individualized regression equation was computed to predict VO_2 from HR.

HR and EE during SSGs. As mentioned earlier, players were tested during 6 different SSGs. The intensity for each SSG was measured by recording HR every second (Polar Team² Pro, Polar). After each session, we drew a graph representing the HR curve for each SSG. From these graphs, HR_{start} was the initial HR value collected at the beginning of each SSG. We determined that HR_{peak} was identified as the highest HR attained in the final phase of each repetition (30 seconds). The same procedure was repeated to ascertain minimal HR (HR_{min}), the lowest HR values during each rest period. Due to the variability of each game and the number of players involved, the number of repetitions per player was uneven. For feasibility reasons, and to facilitate comparisons between each SSG, we considered the first 3 repetitions for each SSG. Moreover, we calculated 6 average HR values (HR_{mean}) for each game's segment (3 active and 3 recovery). Mean HR value obtained during the active part of a SSG ($HR_{mean-active}$) was the mean score from all HR data collected during a 30-second effort segment. Average HR for recovery ($HR_{mean-recovery}$) was calculated from all HR data collected during the rest segment.

In summary, 13 measures were recorded for each SSG: 1 HR_{start} , 3 HR_{peak} , 3 HR_{min} , 3 $HR_{mean-active}$, and 3 $HR_{mean-recovery}$. All HR measures were expressed as relative intensity, that is, $\%HR_{max}$. EE measures were calculated according to the individualized regression equation obtained during preliminary VO_{2max} testing. HR collected during laboratory testing significantly predicted EE ($R^2 \geq 0.97$). For each SSG, HR values predicted EE by interpolation with each individual's prediction equation, resulting in 13 EE measures for each SSG.

Statistical analyses

Players' mean HRs for each SSG were converted to percentages of their HR_{max} measured during the laboratory treadmill test. Oxygen consumption ($L \cdot min^{-1}$) was interpolated from the metabolic curve formula of the HR- VO_2 relationship for each participant. Descriptive data were collected during the laboratory session, including the treadmill test, and metabolic data (HR and VO_{2max}) were computed after the test. Distributions for each variable were assessed for normality by the Shapiro-Wilk test. For each SSG, the distributions respected normality assumptions (all $p > .05$ values). Assumptions for sphericity were subjected to Mauchly's test, revealing no significant results for all SSGs (values varying between 0.09 and 0.25, all at $p > .10$). To verify differences in the intensity of each SSG, repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was conducted, with alpha set at $p = .05$.

In summary, 4 ANOVAs were conducted on each of the 4 variables: 1) Average HR peaks expressed as percentage of HR_{max} attained during each SSG ($\%HR_{effort-peaks}$), 2) Entire SSG HR mean (including active and recovery segments) expressed as percentage of maximal HR ($\%HR_{mean-total}$), 3) Average EE peaks expressed as VO_2 ($L \cdot min^{-1}$) reached during each SSG ($EE_{effort-peaks}$), and 4) Entire EE (rest and active) also expressed as VO_2 ($EE_{mean-total}$). In cases where significant F scores were obtained, we conducted *post hoc* analyses to identify which SSG differed from the others. Critical values for *post hoc* analyses were calculated by Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test.

C. RESULTS

All ANOVAs revealed significant differences for each SSG, indicating significant differences in game intensity ($F_{HR \text{ effort-peaks}}=10.33$, $F_{HR \text{ mean-total}}=15.91$, $F_{EE \text{ effort-peaks}}=9.60$, and $F_{EE \text{ mean-total}}=14.60$, all at $p<.001$). *Post hoc* analyses were conducted to verify significant physiological differences between SSGs. The following section presents these differences in HR and EE measures. Figure 4 (at the end of the results section) illustrates a summary of these analyses.

Differences in maximal percentage of HR peak (%HR_{effort-peak}) values within each SSG

“3v3 T” was the most intense SSG, eliciting 95.50% of HR_{max}. Indeed, *post hoc* analyses (Tukey’s HSD critical value=2.67, at $p<.05$) disclosed that “3v3 T” HR maximal values were significantly greater than 2v2, 3v3 S and 4v4 S [(HR_{max-3v3T} 95.50% versus 90.49% (HR_{max-2v2}), 92.13% (HR_{max-3v3 S}), and 90.65% (HR_{max-4v4 S})]. 2v2 was the least demanding SSG, with HR_{max} of 90.49%, but not significantly lower than 3v3 S and 4v4S. Figure 2 presents %HR peaks attained in 6 different SSGs.

Differences in percentage of average HR ($\%HR_{\text{mean-total}}$) values during each SSG

Again, in terms of average HR, 3v3 T was the most demanding SSG (active and recovery), evoking 90.37% of HR_{max} during the entire SSG (all measures). *Post hoc* analyses (Tukey's HSD critical value=3.45, at $p<.05$) determined that 3v3 T HR_{mean} was significantly higher than the other SSGs [$(HR_{\text{mean-3v3 T}} 90.37\%$ versus 85.09% ($HR_{\text{mean-1v1}}$), 81.45% ($HR_{\text{mean-2v2}}$), 81.92% ($HR_{\text{mean-2v2 S}}$), 83.08% ($HR_{\text{mean-3v3 S}}$) and 84.99% ($HR_{\text{mean-4v4 S}}$)]. Inversely, 2v2 $HR_{\text{mean-total}}$ was the least demanding SSG, with 81.45%.

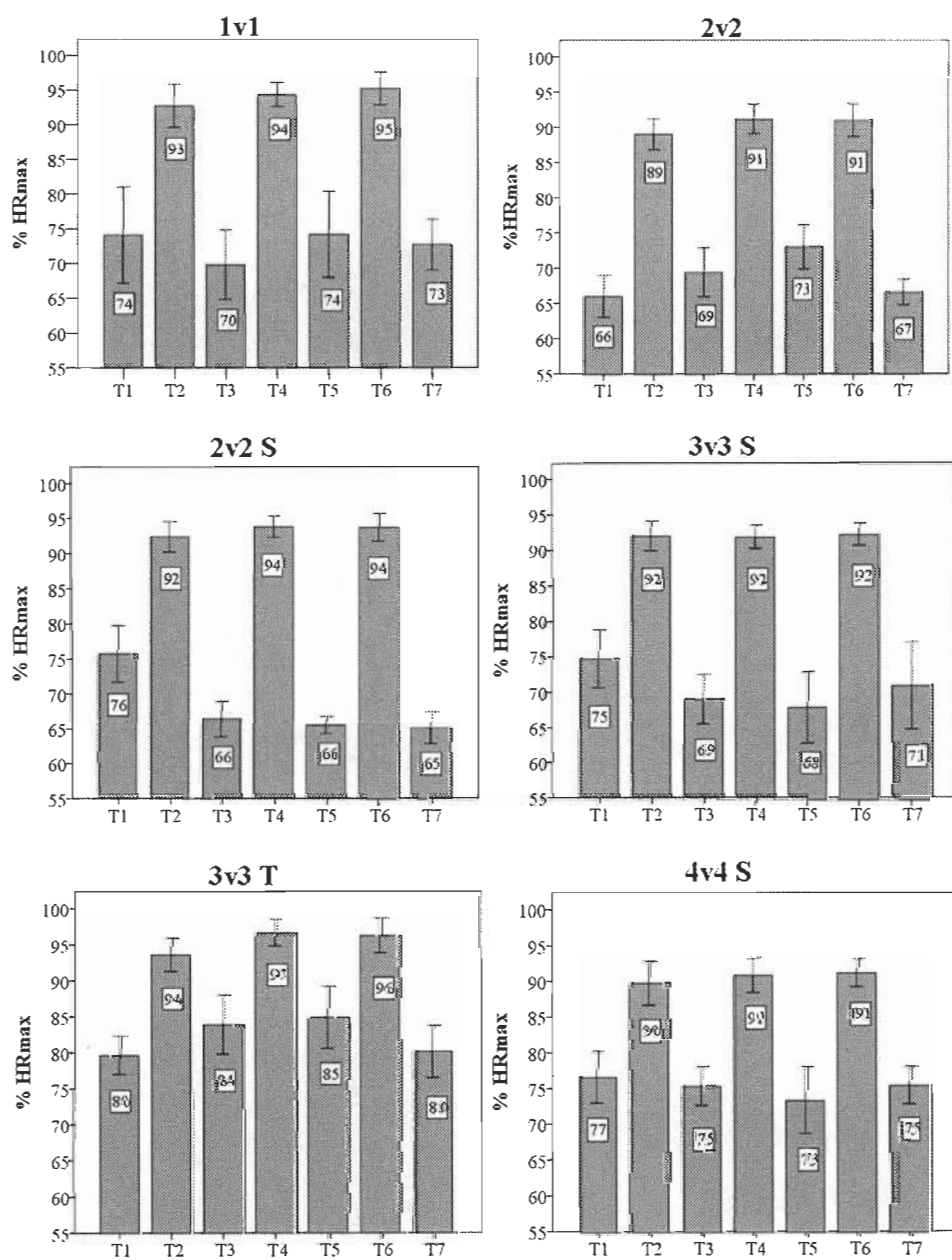


Figure 4. %HR_{max} during 3 repetitions in 6 SSGs. T1=start; T2=maximum repetition 1; T3=minimum rest repetition 1; T4=maximum repetition 2; T5=minimum rest repetition 2; T6=maximum repetition 3; T7=minimum rest repetition 3. Standard Error (SE) ± 2 .

Differences regarding maximal EE peak ($EE_{\text{effort-peak}}$) values during each SSG

3v3 T was the most intense SSG, with VO_2 of $4.10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. *Post hoc* analyses (Tukey's HSD critical value=0.20, at $p<.05$) revealed that 3v3 T $EE_{\text{effort-peaks}}$ was significantly higher than 2v2, 3v3 S, and 4v4 S [$(EE_{\text{effort-peaks-3v3 T}} 4.10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ versus $3.73 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{effort-peaks-2v2}}$), $3.85 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{effort-peaks-3v3 S}}$), and $3.75 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{effort-peaks-4v4 S}}$)]. 2v2 was still the least demanding SSG, with $EE_{\text{effort-peaks}}$ of $3.73 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

Figure 3 presents EE peaks attained in 6 different SSGs.

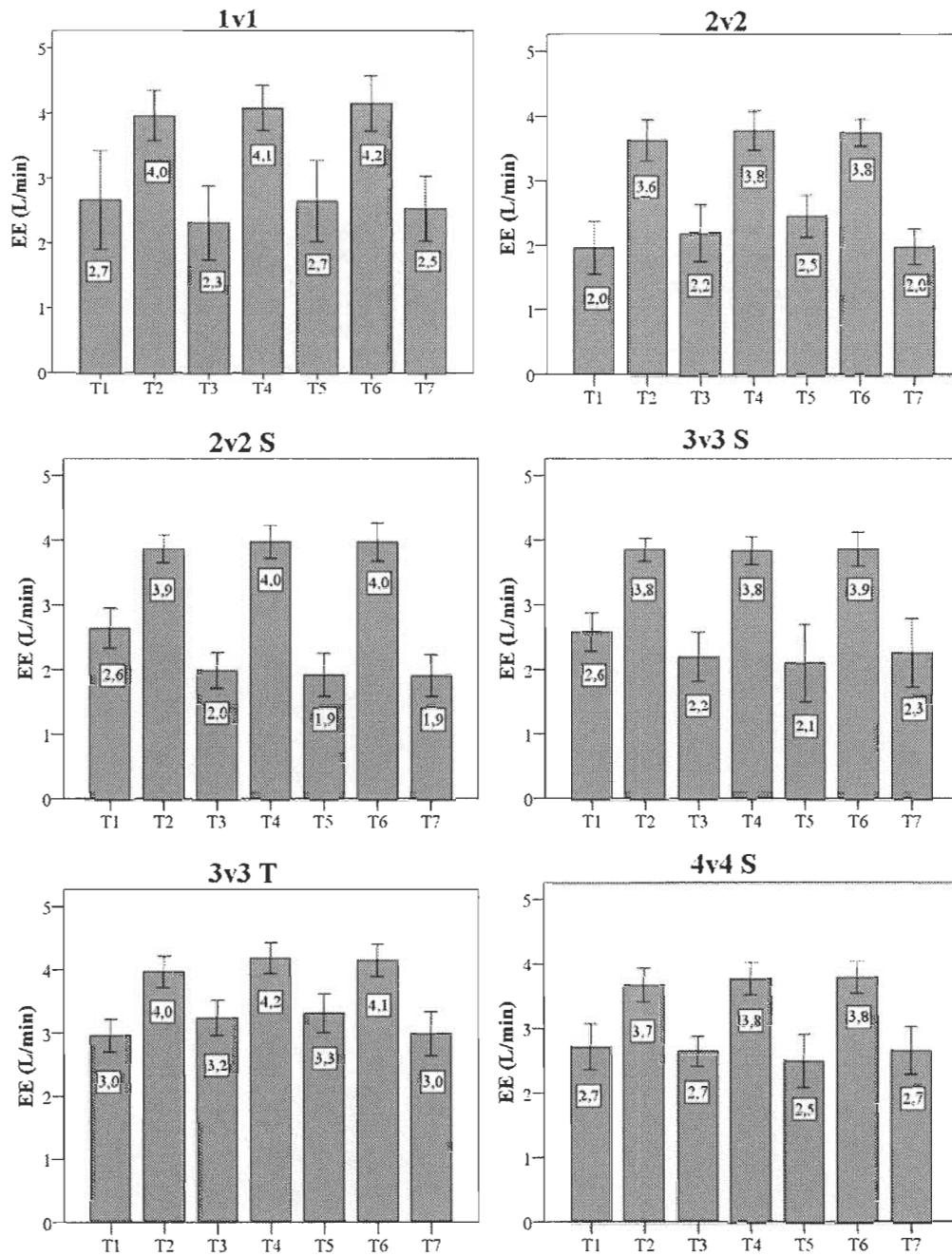


Figure 5. Energy expenditure (EE: L/min) during 3 repetitions in 6 SSGs. T1=start; T2=maximum repetition 1; T3=minimum rest repetition 1; T4=maximum repetition 2; T5=minimum rest repetition 2; T6=maximum repetition 3; T7=minimum rest repetition 3. Standard Error (SE) ± 2 .

Differences in average EE ($EE_{\text{mean-total}}$) values during each SSG

3v3 T was the most demanding SSG (play and rest), reaching an average of 3.73 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ during the entire SSG. *Post hoc* analyses (Tukey's HSD critical value=0.26, at $p<.05$) showed that 3v3 T average EE values were significantly higher than 1v1, 2v2, 2v2 S, 3v3 S, and 4v4 S [$(EE_{\text{mean-3v3 T}} 3.73 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ versus 3.34 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{mean-1v1}}$), 3.07 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{mean-2v2}}$), 3.11 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{mean-2v2 S}}$), 3.19 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{mean-3v3 S}}$) and 3.34 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($EE_{\text{mean-4v4 S}}$)]. 2v2 was the least demanding SSG, with $EE_{\text{mean-total}}$ of 3.07 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$. In summary, 3v3 T was the most demanding SSG ($p<0.05$) and 2v2 was the least demanding.

%HR _{effort-peaks}						
	1v1	2v2	2v2 S	3v3 S	3v3 T	4v4 S
1v1						
2v2	-					
2v2 S	n/s	+				
3v3 S	n/s	n/s	n/s			
3v3 T	n/s	+	n/s	-		
4v4 S	-	n/s	n/s	n/s	-	

%HR _{mean-total}						
	1v1	2v2	2v2 S	3v3 S	3v3 T	4v4 S
1v1						
2v2	-					
2v2 S	n/s	n/s				
3v3 S	n/s	n/s	n/s			
3v3 T	+	+	+	+		
4v4 S	n/s	+	n/s	n/s	-	

EE _{effort-peaks}						
	1v1	2v2	2v2 S	3v3 S	3v3 T	4v4 S
1v1						
2v2	-					
2v2 S	n/s	+				
3v3 S	n/s	n/s	n/s			
3v3 T	n/s	+	n/s	-		
4v4 S	-	n/s	n/s	n/s	-	

EE _{mean-total}						
	1v1	2v2	2v2 S	3v3 S	3v3 T	4v4 S
1v1						
2v2	-					
2v2 S	n/s	n/s				
3v3 S	n/s	n/s	n/s			
3v3 T	+	+	+	+		
4v4 S	n/s	+	n/s	n/s	-	

+ = Significantly higher at $p < 0.05$
 - = Significantly lower at $p < 0.05$
 n/s = non-significant at $p < 0.05$

Figure 6. ANOVA *post hoc* tests results of 4 parameters related to SSG intensity. Read line and then column of each table. For example, on %HR_{effort-peaks} comparisons, 2v2 was significantly less intense than 1v1 ($p < .05$).

D. DISCUSSION

The purpose of this study was to investigate EE in ice hockey SSGs during practices. To our knowledge, no such work in the domain of SSGs by ice hockey players has yet been conducted. More precisely, our study examined EE during multiple types of SSG patterns. We also wanted to verify intensity differences among various types of SSGs used during ice hockey practices. We based our hypothesis on antecedent research conducted in other team sports, indicating that SSGs with fewer players are associated with higher intensity levels. According to research in other sports, we hypothesized that 1v1 would be the most intense of all 6 SSGs. Our study results partially support this hypothesis.

In fact, 3v3 T was the most demanding SSG, suggesting that including more players may not be automatically associated with lower intensity. Many factors could affect SSG intensity in ice hockey: 1) number of players, 2) rule changes/task constraints, 3) ice dimensions, and 4) work-rest ratio. In the present investigation, differences may be explained by these factors. First, 4v4 S involved too many players, which decreased SSG intensity. As we mentioned in the Introduction, many studies of soccer players showed that SSG formats with fewer players elicited greater HR than larger formats (14, 19). Secondly, the addition of a transitional factor (e.g., task constraint) may also contribute to increased intensity. In this regard, Hill-Haas et al. (10) reported that rule changes or task constraints increased physiological demands in soccer players, such as %HR_{max} and blood lactate. Thirdly, we believe that 2v2 lower levels of

intensity were due to small playing zone dimensions. Casamichana and Castellano (2) reported that larger field dimensions increased task intensity, as smaller playing zones reduced intensity. This remains to be verified in ice hockey.

We observed that $EE_{\text{mean-total}}$ and $\%HR_{\text{mean-total}}$ were strongly linked not only to repetition intensity but also to the work-rest ratio of its corresponding SSG. 2v2 and 2v2 S were played in a 1:3 work-rest ratio compared to 1:2 (3v3 T) and 1:1 (4v4 S) which can significantly affect intensity.

In summary, 3v3 T was the most demanding game in terms of 4 intensity markers ($\%HR_{\text{effort-peaks}}$, $\%HR_{\text{mean-total}}$, $EE_{\text{effort-peaks}}$, and $EE_{\text{mean-total}}$). Moreover, 3v3 T was significantly ($p < 0.05$) the most demanding game regarding 2 intensity markers ($\%HR_{\text{mean-total}}$ and $EE_{\text{mean-total}}$). In the present study, 3v3T' intensity could be explain by a potentially ideal context where the number of players was not too high, transition was imposed, the playing zone was relatively large, and work-rest ratio seemed optimal (1:2). To reach desired physiological outcomes, hockey coaches should understand and correctly manage all these 4 SSG components.

Furthermore, the present investigation revealed that ice hockey SSGs are played at high intensity for all repetitions whatever the SSG type ($\geq 89\% HR_{\text{max}}$ and $\geq 3.6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) and no matter how many players are involved. These findings suggest that ice hockey SSGs are an excellent, specific anaerobic stimulus. Comparatively, with typical soccer SSGs played at intensities varying between 80 and 90% of HR_{max} (9, 15), ice hockey SSGs have intensity levels similar to those observed during games. In this regard, ice

hockey SSGs seem to be representative of regular hockey game shifts, at least from a physiological perspective. Twist and Rhodes (25) reported that hockey players can reach 85-90% of their HR_{max} on a single shift. Our study showed that SSGs were even more intense (89-97% HR_{max}) than a regular shift on the ice. Further research is needed regarding optimal ice hockey SSG dimensions and differences among various levels of the sport (e.g., Pee Wee and Bantam).

Study limitations

In ice hockey, HR can be influenced by specific conditions, such as: 1) trunk, arm and leg static muscle contractions (27), 2) intermittent nature of the sport (27), 3) internal core temperature increase attributed to ice hockey equipment (18), and 4) transporting ice hockey equipment (27). Wilson and Hedberg (27) noticed that with similar VO_2 values compared to players running on the treadmill, on-ice heart frequency was increased by 10-12 beats per minute for different intensity levels (low to high). Consequently, players normally attain higher VO_2 values on treadmill tests compared to game shift simulation (27). Another limitation is the number of repetitions we included in the analysis. A regular SSG normally lasts 8 to 12 minutes (26). EE and HR responses could have been further increased if more repetitions had been analyzed.

E. PRACTICAL APPLICATIONS

SSGs have been used for many years in different sports to improve sport-specific conditioning. Our study gives coaches relevant information regarding the physiological demands of SSGs. From this perspective, it will become possible for hockey coaches to select which SSGs will contribute to the aims of their practice sessions. Table 3 provides practical applications related to our results. For example, if coaches seek the highest EE for an entire SSG, 3v3 T would be the best option. To coaches looking for recovery SSGs for their players, 4v4 S and 2v2 would be good options because they elicit the lowest %HR_{max} and EE. From a tactical developmental point of view, 2v2 S, 3v3 S and 4v4 S would be adequate, and yet be great physiological stimuli. Also, SSGs must be played in a way that provides the most benefit. In this respect, Willett (26) recommended that each repetition should last 30 to 40 seconds, to maintain high intensity and quality. Willett (26) suggested that each SSG should last 8 to 12 minutes in practice to be a sufficient training stimulus. In terms of repetitions in each SSG, coaches must apply the principles proposed by Karp (13), i.e., at least 3 repetitions for beginners and 6-8 repetitions for more advanced athletes. Also, to optimize training goals, coaches need to handle work-rest ratios. Based on our study results, we recommend that coaches implement a 1:2 or 1:3 work-rest ratio, which means that if the first players play 30 seconds, they will approximately rest for 1 minute to 1 minute 30 seconds. On the practical side, the majority of ice hockey coaches do not have access to HR monitors to quantify training intensity. However, coaches can turn to the RPE. Coutts et al. (3) confirmed that RPE for soccer SSGs is a good indicator of training intensity. Horowitz

(11) demonstrated that RPE is reliable and simple for monitoring training load among female ice hockey players. It is, therefore, warranted to study the relationship between RPE and EE in ice hockey players.

In summary, ice hockey SSGs are an effective tool for coaches to challenge players at high intensities.

Table 5. Practical ice hockey SSGs suggestions

Training session objectives	Recommended SSGs
High intensity level and development of individual skills	1v1
High intensity level and real game situations	3v3 T
High intensity level and development of tactical skills (e.g., offensive and defensive roles)	2v2 S, 3v3 S
Sufficient intensity level and development of tactical skills (e.g., offensive and defensive roles)	2v2
Sufficient intensity level and development of team strategy-collective purposes	4v4 S

Acknowledgments

The authors thank players from the Midget AAA Trois-Rivières Estacades team and their head coach, Mr. Frédéric Lavoie, MSc, for their availability in this study. They are indebted to the *Institut National du Sport du Québec* (INS) for their collaboration.

REFERENCES

1. Brandes, M, Heitmann, A, and Müller, L. Physical responses of different small-sided game formats in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res* 26: 1353-1360, 2012.
2. Casamichana, D and Castellano, J. Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sided soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci* 28: 1615-1623, 2010.
3. Coutts, AJ, Rampinini, E, Marcora, SM, Castagna, C, and Impellizzeri, FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 12: 79-84, 2009.
4. Cox, MH, Miles, DS, Verde, TJ, and Rhodes, EC. Applied physiology of ice hockey. *Sports Med* 19: 184-201, 1995.
5. Daub, WB, Green, HJ, Houston, ME, Thomson, JA, Fraser, IG, and Ranney, DA. Specificity of physiologic adaptations resulting from ice-hockey training. *Med Sci Sport Exerc* 15: 290-294, 1983.
6. Gabbett, TJ. Science of rugby league football: a review. *J Sport Sci* 23: 961-976, 2005.
7. Gabbett, TJ. Do skill-based conditioning games offer a specific training stimulus for junior elite volleyball players? *J Strength Cond Res* 22: 509-517, 2008.

8. Green, H. Metabolic aspects of intermittent work with specific regard to ice hockey. *Can J Appl Sport Sci* 4: 29-34, 1979.
9. Hill-Haas, SV, Dawson, BT, Coutts, AJ, and Rowsell, GJ. Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *J Sports Sci* 27: 1-8, 2009.
10. Hill-Haas, SV, Coutts, AJ, Dawson, BT, and Rowsell, GJ. Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *J Strength Cond Res* 24: 2149-2156, 2010.
11. Horowitz, M. Monitoring training loads in ice hockey. Bachelor's thesis, Haaga-Helia University of Applied Sciences, Finland, 2014.
12. Jeffreys, I. Conditioning for field hockey: small side games to improve. *NSCA's Performance Training J* 4: 7-10, 2005.
13. Karp, JR. Interval training for the fitness professional. *Strength Cond J* 22: 64-69, 2000.
14. Köklü, Y, Aşçi, A, Koçak, FÜ, Alemdaroğlu, U, and Dündar, U. Comparison of the physiological responses to different small-sided games in elite young soccer players. *J Strength Cond Res* 25: 1522-1528, 2011.

15. Köklü, Y. Comparison of physiological responses to various intermittent and continuous small-sided games in young soccer players. *J Hum Kinet* 31: 89-96, 2012.
16. Lichtner, H. Annual report: July 2011-June 2012. International Ice Hockey Federation, p. 23. 2012. Retrieved online (February 6, 2014):
http://www.iihf.com/fileadmin/user_upload/BigFiles/AnnualReport/2012AnnualReport.pdf
17. McCormick, BT, Hannon, JC, Newton, M, Shultz, B, Miller, N, and Young, W. Comparison of physical activity in small-sided basketball games versus full-sided games. *Int J Sports Sci Coach* 7: 689-698, 2012.
18. Montgomery, DL. Physiology of ice hockey. *Sports Med* 5: 99-126, 1988.
19. Owen, A, Twist, C, and Ford, P. Small-sided games: the physiological and technical effect of altering pitch size and player numbers. *Insight* 7: 50-53, 2004.
20. Quinney, H, Belcastro, A, and Steadward, R. Seasonal fitness variations and pre-playoff blood analysis in National Hockey League players. *Can J Appl Sports Sci* 7: 237, 1982.
21. Reed, A, Hansen, H, Cotton, C, Gauthier, R, Jette, M, Thoden, J, and Wenger, HA. Development and validation of an on-ice ice hockey fitness test. *Can J Appl Sport Sci* 4: 245, 1979.

22. Sampaio, J, Garcia, G, Macas, V, Ibanez, J, Abrantes, C, and Caixinha, P. Heart rate and perceptual responses to 2 x 2 and 3 x 3 small-sided youth soccer games. *J Sports Sci Med* 6: 121-122, 2007.
23. Sampaio, J, Abrantes, C, and Leite, N. Power, heart rate and perceived exertion responses to 3x3 and 4x4 basketball small-sided games. *Rev Psicol Deporte* 18: 463-467, 2009.
24. Spiering, BA, Wilson, MH, Judelson, DA, and Rundell, KW. Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *J Strength Cond Res* 17: 329-333, 2003.
25. Twist, P and Rhodes, T. Exercise physiology: a physiological analysis of ice hockey positions. *Strength Cond J* 15: 44-46, 1993.
26. Willett, P. The hockey coach's guide to small-area games. Delano, MN: Paul Willett International, 1-43, 2003. Retrieved online (February 12, 2014): http://assets.ngin.com/attachments/document/0005/2283/Coaches_Guide_to_Small_Area_Games.pdf
27. Wilson, G and Hedberg, A. Physiology of ice hockey: a report. CAHA Hockey Development Council, Health and Welfare Canada, Fitness & Amateur Sports Branch, 1976.

CHAPITRE V

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

Cette étude a permis de mieux comprendre l'impact physiologique des JEER au hockey sur glace. À notre connaissance, la comparaison de six jeux n'a jamais été réalisée auparavant dans le domaine du hockey. Nos résultats ont démontré que les JEER sont des exercices habituellement joués à haute intensité. Il est à noter que les six JEER avaient des contextes et des enjeux similaires entre eux. L'étude a aussi permis de démontrer la présence de différences entre six types de JEER sur le plan de la réponse cardiovasculaire. Nos résultats indiquent que le jeu à trois contre trois avec transitions s'est avéré le jeu le plus sollicitant au niveau de la FC, ce qui diverge de notre hypothèse de départ. Basé sur notre revue de littérature, nous croyions que le un contre un aurait été potentiellement le jeu le plus intense, étant donné l'implication directe des joueurs. Les retombées de cette étude permettront ainsi aux entraîneurs de faire des choix éclairés et cohérents avec leurs planifications annuelles, et ainsi bâtir des séances adaptées aux objectifs de performance de leurs équipes.

Applications pratiques pour les entraîneurs

Le rôle d'un entraîneur au hockey sur glace implique plusieurs tâches dont celle de planifier les entraînements sur glace. La planification ou la périodisation des entraînements est très importante pour le développement des joueurs. La prochaine section suggère des pistes d'action aux entraîneurs désirant favoriser le développement optimal de leurs athlètes.

Choisir le bon JEER

La première étape consiste à préciser le but ou l'objectif de la séance d'entraînement. Est-ce de développer les qualités physiques (p.ex. en début de saison), ou en période d'acquisition des aspects tactiques collectifs (p.ex. en période de compétition, à l'approche des séries éliminatoires) ? Ensuite, l'entraîneur doit se positionner quant à l'intensité de l'entraînement désirée. Si les joueurs sont en bonne condition physique et bien reposés, l'intensité d'entraînement pourra être supérieure. Si toutefois, les joueurs sont fatigués, les jeux sélectionnés devront être réalisés à une intensité plus faible, afin qu'ils puissent récupérer. Le tableau ici-bas suggère aux lecteurs des JEER qui sont en lien avec l'intensité et leurs objectifs.

Tableau 6

Suggestions pratiques par rapport au choix des jeux à effectifs réduits au hockey sur glace

Intensité	Objectifs de la séance	JEER à préconiser
Presque maximale	<ul style="list-style-type: none"> -tactique collective -support du joueur avec la rondelle -sens du hockey -transition de jeu (offensive-défensive) -habiletés à passer la rondelle 	3v3 T
	<ul style="list-style-type: none"> -tactique et technique individuelle -protection de rondelle -manement de bâton -habileté à tirer au but rapidement 	1v1
Très élevée	<ul style="list-style-type: none"> -support du joueur avec la rondelle -sens du hockey -marquage-démarquage -habiletés à passer la rondelle -Situation de surnombre numérique 	2v2 S
	<ul style="list-style-type: none"> -support du joueur avec la rondelle -sens du hockey -marquage-démarquage -habiletés à passer la rondelle -Situation de surnombre numérique 	2v2 S
	<ul style="list-style-type: none"> -tactique collective -support du joueur avec la rondelle -sens du hockey -marquage-démarquage -habiletés à passer la rondelle -situation de surnombre numérique 	3v3 S

(suite du Tableau 6 à la page suivante)

Intense	<ul style="list-style-type: none">-tactique collective-support du joueur avec la rondelle-avantage numérique/désavantage numérique-marquage-démarquage-habiletés à passer la rondelle-habiletés à faire dévier des rondelles-journée d'entraînement moins intense (récupération)	4v4 S
	<ul style="list-style-type: none">- support du joueur avec la rondelle-marquage-démarquage-protection de rondelle-tirs au but rapides-journée d'entraînement moins intense (récupération)	2v2

Recommandations pour les entraîneurs

Plusieurs facteurs peuvent influencer la fluctuation de la fréquence cardiaque ainsi que la dépense énergétique comme la durée de l'effort, le temps de repos entre les répétitions, le rapport entre le temps de travail et celui de repos, la durée totale du JEER, le nombre de joueurs, les règles et contraintes spécifiques (ex : faire deux passes avant de tirer au but), et les dimensions de l'espace de jeu. Le tableau 7 présente les principaux facteurs à considérer lors de la planification de JEER. Les recommandations émanent des résultats provenant d'études antérieures qui ont été appliquées dans notre étude.

Tableau 7.

Recommandations pratiques générales pour les jeux à effectifs réduits et en espace restreint

Facteurs	Suggestions
Durée d'effort	30 à 40 sec. (Willett, 2003)
Rapport travail-repos	1 :1 (aérobie) (Williams, 2012) 1:2 (anaérobie lactique) (Williams, 2012) 1:3 (anaérobie alactique) (Williams, 2012)
Durée total du JEER	8 à 12 min. (Willett, 2003)
Nombre de répétitions d'effort	Débutants : 3 répétitions (Karp, 2000) Avancés : 6-8 répétitions (Karp, 2000)

Limites des JEER

Tel que le suggère Willett (2003), les JEER s'avèrent un excellent choix d'exercices pour les entraînements car il procure beaucoup de plaisir aux joueurs dû à l'environnement compétitif qui s'y retrouve. Ils développent le sens du jeu ainsi que plusieurs éléments tactiques et techniques (Willett, 2003) chez les joueurs de hockey et sont aussi demandant sur le plan énergétique. À contre-sens, les JEER comportent aussi leurs limites. En effet, Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri et Coutts (2011) ont identifié les principales limites de ce type de jeux. Les auteurs ont mentionné (a) qu'il y avait une saturation des gains physiologiques pour les athlètes en excellente condition physique et/ou très talentueux ; (b) les JEER ne répliquent pas les demandes physiologiques des portions de partie les plus intenses ; (c) nécessitent des niveaux technique et tactique élevés afin d'obtenir l'intensité désirée ; et (d) nécessitent un haut niveau d'organisation et d'encouragements de la part de l'entraîneur pour maintenir la motivation des joueurs.

Limites de l'étude

Au hockey sur glace, la fluctuation de la fréquence cardiaque peut être influencée par des conditions qui n'élèvent pas proportionnellement la consommation d'O₂ tel que : (a) la nature émotionnelle du sport comme les encouragements des partisans dans les gradins (Wilson & Hedberg, 1976), (b) les contractions statiques du haut du corps, du dos et des bras (Wilson & Hedberg, 1976), (c) la nature du jeu qui est intermittente et

(d) l'élévation de la chaleur interne («*core temperature*») car l'équipement du joueur de hockey limite l'élimination de la chaleur (Montgomery, 1988), et, (e) le poids de l'équipement que le joueur doit supporter (Wilson & Hedberg, 1976). Tel que l'indiquent Wilson et Hedberg (1976), il y a habituellement une relation presque linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'O₂. De manière générale, les joueurs atteignent un niveau de consommation maximale d'O₂ plus élevée sur tapis roulant que lors d'un jeu simulé sur glace. (Wilson & Hedberg, 1976). Pour la même consommation d'O₂, la fréquence cardiaque mesurée lors d'un test sur tapis roulant surpasse celle mesurée sur glace d'au moins 10 bpm. Cette différence est constante, peu importe le niveau d'intensité du jeu (Wilson & Hedberg, 1976). Wilson et Hedberg (1976) démontrent que lorsque les joueurs jouent sous l'intensité d'effort maximal, ils peuvent seulement utiliser de 85% à 90% du VO₂max obtenu en laboratoire. Dans notre étude, la consommation d'O₂ sur glace des joueurs peut ainsi avoir été un peu surestimée car les valeurs de fréquences cardiaques ont été mesurées à partir de l'équation de régression obtenue lors du test sur tapis en laboratoire. La part de l'énergie anaérobie peut aussi avoir été sous-estimée. Cependant, notre méthode d'estimation de la dépense énergétique a été démontrée comme valide chez des joueurs de soccer, dans un sport où les portions anaérobies sont aussi importantes qu'en hockey sur glace (Esposito, Impellizzeri, Margonato, Vanni, Pizzini, & Veicsteinas, 2004).

Le nombre de répétitions analysées en espace restreint est une autre limite de notre étude. Nous avons fait l'analyse des trois premières répétitions pour chaque jeu parce que nous voulions avant tout comparer les jeux entre eux. La dépense énergétique

aurait pu être différente avec un plus grand nombre de mesures répétées, si le temps de jeu aurait été prolongé.

Forces et contribution de l'étude

Cette étude est une avancée dans le domaine des JEER en général. N'ayant pas été documentés auparavant au hockey sur glace, les JEER sont d'excellents exercices joués à haute intensité. Ce projet novateur nous a permis de mieux connaître les différences en termes de dépense énergétique entre six jeux couramment utilisés par l'entraîneur au hockey sur glace. À l'intérieur de notre étude, tous les joueurs ont fait un test de consommation maximale d'oxygène au laboratoire de physiologie de l'exercice afin de connaître précisément la dépense énergétique exprimée en $L \cdot \text{min}^{-1}$ de chacun. Cette démarche nous permet ainsi de mieux connaître la consommation d'oxygène en lien avec les fréquences cardiaques. Nous pouvons ainsi exprimer les fréquences cardiaques lors des JEER en dépense énergétique. Bien qu'il existe des centaines de types de JEER, notre étude en comporte six. Ces six JEER sont couramment utilisés au hockey sur glace et peuvent être appliqués facilement en pratique. Un tel nombre de jeux testés propose une meilleure vision générale des JEER quant à la sollicitation du système cardiovasculaire de ceux-ci et représente une force de l'étude. L'étude des six jeux pourra permettre aux entraîneurs d'avoir plusieurs alternatives pour mieux élaborer leurs entraînements.

Au cours de cette étude, nous avons utilisé le système Polar Team² Pro pour recueillir les fréquences cardiaques sur glace. Le système de Polar est un systèmes d'analyse de fréquences cardiaques les plus valides à ce jour comme en témoigne l'étude de Schönfelder, Hinterseher, Peter, et Spitzenpfeil (2011). Le système Polar Team² Pro a d'ailleurs été utilisé à maintes reprise dans les études traitant des JEER au soccer (Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2008; Kelly & Drust, 2009; Owen, Wong, McKenna, & Dellal, 2011).

Perspectives futures

Bien que nous comprenions mieux l'intensité de travail au niveau de tels jeux au hockey sur glace, plusieurs éléments restent à être mieux étudiés. N'ayant pas été étudié dans la présente étude, les retombées des JEER sur les volets technique et tactique restent encore à être élucidés par de futurs chercheurs. En ce sens, nous pourrions voir d'autres bienfaits potentiels des JEER au hockey sur glace comme par exemple une meilleure protection de la rondelle, l'amélioration de l'agilité des joueurs et un meilleur maniement de rondelle. De futures études liées aux éléments techniques au sens d'habiletés techniques des JEER au hockey seront aussi nécessaires afin de mieux planifier les entraînements. Ces études pourraient porter sur a) grandeurs optimales de jeu sur glace b) temps de travail idéal - temps de repos idéal (ratio travail : repos) c) différences d'intensité en comparant différentes populations (atome/pee-wee/bantam/junior/LNH).

En guise de conclusion, les JEER sont un outil très intéressant et important pour les entraîneurs de hockey sur glace. Ces jeux provoquent habituellement un niveau d'intensité très élevée voir même plus élevée qu'une présence moyenne sur glace. Les JEER permettent ainsi d'augmenter potentiellement l'intensité d'une séance d'entraînement de hockey sur glace par sa nature. Dans la présente étude, le 3v3 avec transitions a été le jeu le plus intense tant sur l'intensité maximale atteinte durant le jeu que sur l'intensité moyenne du jeu au complet (effort et repos). Ainsi, plusieurs facteurs peuvent être modulés par l'entraîneur dans le but d'influencer l'intensité d'entraînement comme le ratio travail-repos, les contraintes ou règles de jeu et le nombre de joueurs impliqués. Même si par son style le 3v3 avec transitions a été le plus intense sur le système aérobie, l'entraîneur devrait utiliser une variété de JEER pour maximiser les gains physiologiques et aussi pour mieux développer les joueurs de hockey. La présente étude est une avancée novatrice sur cette pratique au hockey sur glace, et beaucoup reste à être connu afin de mieux comprendre encore les JEER au hockey sur glace.

RÉFÉRENCES

- Abrantes CI, Nunes MI, Maças VM, Leite NM, & Sampaio JE (2012). Effects of the number of players and game type constraints on heart rate, rating of perceived exertion, and technical actions of small-sided soccer games. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26 (4), 976-981.
- Brandes M, Heitmann A, & Müller L (2012). Physical responses of different small-sided game formats in elite youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26 (5), 1353-1360.
- Burr JF, Jamnik RK, Baker J, Macpherson A, Gledhill N, & McGuire EJ (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (5), 1535-1543.
- Casamichana D & Castellano J (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. *Journal of Sports Science*, 28 (14), 1615-1623.
- Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, & Impellizzeri FM. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12 (1), 79 - 84.
- Cox MH, Miles DS, Verde TJ, Levine MJ, & Bartolozzi AR (1993). Physical and physiological characteristics of NHL players over the last decade. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (5 Suppl.), S169.

- Cox MH, Miles DS, Verde TJ, & Rhodes EC (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 19 (3), 184-201.
- Daub WB, Green HJ, Houston ME, Thomson JA, Fraser IG, & Ranney DA (1983). Specificity of physiologic adaptations resulting from ice-hockey training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15 (4), 290-294.
- Davis IV H (1991). Passive recovery and optimal arousal in ice hockey. *Perceptual and Motor Skills*, 72 (2), 513-514.
- Dellal A, Chamari K, Pintus A, Girard O, Cotte T, & Keller D (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (5), 1449-1457.
- Donskov A (2005). Small Area Games: Effectively Training Our Youth. *USA Hockey*. Consulté le 11 février 2014 de : <http://files.leagueathletics.com/Text/Documents/8037/28069.pdf>
- Esposito F, Impellizzeri, FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G & Veicsteinas A (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1-2), 167-172.
- Ferguson RJ, Marcotte GG, & Montpetit RR (1969). A maximal oxygen uptake test during ice skating. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1 (4), 207 - 211.
- Gabbett TJ (2005). Science of rugby league football: A review. *Journal of Sports Sciences*, 23 (9), 961-976.

- Gabbett TJ (2008). Do skill-based conditioning games offer a specific training stimulus for junior elite volleyball players? *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (2), 509-517.
- Gabbett TJ, Jenkins DG, & Abernethy B (2009). Game-based training for improving skill and physical fitness in team sport athletes. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 4 (2), 273-283.
- Green H, Bishop P, Houston M, McKillop R, Norman R, & Stothart P (1976). Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *Journal of Applied Physiology*, 40 (2), 159-163.
- Green H (1979). Metabolic aspects of intermittent work with specific regard to ice hockey. *Journal Canadien des Sciences Appliquées au Sport*, 4 (1), 29-34.
- Green MR, Pivarnik JM, Carrier DP, & Womack CJ (2006). Relationship between physiological profiles and on-ice performance of a National Collegiate Athletic Association Division I hockey team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (1), 43-46.
- Grillo R (18 février 2013). Ages 12 and under. Small area games (lesson workbook). *USA Hockey*. Consulté le 6 février 2014 de :
http://files.leagueathletics.com/Images/Club/4762/Coaching/Peewee%20Practice%20Plans/cepwb_12u_smallareagames.pdf

- Hill-Haas S, Coutts A, Rowsell G, & Dawson B (2008). Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(5), 487-490.
- Hill-Haas SV, Dawson BT, Coutts AJ et Rowsell GJ (2009). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *Journal of Sports Sciences*, 27, 1-8.
- Hill-Haas SV, Coutts AJ, Dawson BT, & Rowsell GJ (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (8), 2149-2156.
- Hill-Haas SV, Dawson B, Impellizzeri FM, & Coutts AJ (2011). Physiology of small-sided games training in football. *Sports Medicine*, 41 (3), 199-220.
- Hockey Canada (2013). *Plan de développement du hockey Canada pour le développement à long terme du joueur. Le hockey pour la vie, le hockey pour l'excellence*. Consulté le 16 janvier 2014 de : http://cdn.agilitycms.com/hockey-canada/Hockey-Programs/Coaching/Downloads/DLTJ_projet_f.pdf
- Hockey Canada (2012). *Rapport annuel 2012*. Consulté le 18 janvier 2014 de: <http://www.hockeycanada.ca>
- Hockey Québec (2011). *Rapport annuel 2011*. Consulté le 18 janvier 2014 de: http://www.hockey.qc.ca/documents/recherche.jsp?category_id=2#

- Hoffman JR (2012). *NSCA's Guide to Program Design*. États-Unis: Human Kinetics: Champaign, Illinois.
- Peddie DL (1995). Time-motion analysis and heart rate telemetry of ice hockey play. Thèse de doctorat, McGill University, Montréal.
- Publications des résultats de : Horne GA, Renger RF, & Wiley JP. *Time-motion analysis and heart rate responses in ice hockey practices and games*, manuscript non publié
- Horowitz M (2014). *Monitoring training loads in ice hockey*. Bachelor's thesis, Haaga-Helia University of Applied Sciences, Finland.
- IIHF (2012). Annual Report 2012. *International Ice Hockey Federation*, p.23 Consulté le 18 janvier 2014 de:
<http://www.iihf.com/home-of-hockey/news/annual-report.html>
- Jeffreys I (2005). Conditioning for field hockey: small side games to improve. *NSCA's Performance Training Journal*, 4 (5), 7-10.
- Karp JR (2000). Interval training for the fitness professional. *Strength and Conditioning Journal*, 22 (4), 64-69.
- Kelly DM & Drust B (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12 (4), 475-479.
- Köklü Y, Aşçi A, Koçak FU, Alemdaroğlu U, & Dündar U (2011). Comparison of the physiological responses to different small-sided games in elite young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (6), 1522-1528.

- Köklü Y (2012). Comparison of physiological responses to various intermittent and continuous small-sided games in young soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 89–96.
- Lakeshore Minor Hockey Association (2013). *Why cross-ice or use small-sided games*. Consulté le 26 janvier 2014 de:
http://www.lmhf.qc.ca/upload/small_sided_games_manual.pdf
- Lichtner H (2012). Annual report: July 2011-June 2012. *International Ice Hockey Federation*, p.23. Consulté le 6 février 2014:
http://www.iihf.com/fileadmin/user_upload/BigFiles/AnnualReport/2012AnnualReport.pdf
- Little T & Williams AG (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
- Little T (2009). Optimizing the use of soccer drills for physiological development. *Strength and Conditioning Journal*, 31 (3), 67-74.
- McCormick BT, Hannon JC, Newton M, Shultz B, Miller N, & Young W (2012). Comparison of physical activity in small-sided basketball games versus full-sided games. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 7 (4), 689-698.
- Montgomery DL (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 5 (2), 99-126
- Owen A, Twist C, & Ford P (2004). Small-sided games: the physiological and technical effect of altering pitch size and player numbers. *Insight*, 7 (2), 50-53.

- Owen AL, Wong DP, McKenna M, & Dellal A (2011). Heart rate responses and technical comparison between small-vs. large-sided games in elite professional soccer. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (8), 2104-2110.
- Paterson DH (1979). Respiratory and cardiovascular aspects of intermittent exercise with regard to ice hockey. *Journal Canadien des Sciences Appliquées au Sport*, 4 (1), 22-28.
- Pollitt DJ (2003). Sled dragging for hockey training. *Strength and Conditioning Journal*, 25 (3), 7-16.
- Quinney HA, Belcastro A, & Steadward RD (1982). Seasonal fitness variations and pre-playoff blood analysis in National Hockey League players. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 7, 237.
- Quinney, H. A., Dewart, R., Game, A., Snyder, G., Warburton, D., & Bell, G. (2008). A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(4), 753-760.
- Reed A, Hansen H, Cotton C, Gauthier R, Jette M, Thoden J et Wenger HA (1979). Development and validation of an on-ice ice hockey fitness test. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 4, 245.
- Sampaio J, Garcia G, Maças V, Ibáñez SJ, Abrantes C, & Caixinha P (2007). Heart rate and perceptual responses to 2 x 2 and 3 x 3 small-sided youth soccer games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (Suppl.10), 121-122.

- Sampaio J, Abrantes C, & Leite N (2009). Power, heart rate and perceived exertion responses to 3x3 and 4x4 basketball small-sided games. *Revista de Psicologia del Deporte*, 18 (3), 463-467.
- Sassi R, Reilly T, & Impellizzeri F (2005). A comparison of small-side games and Interval training in elite professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 22, 562.
- Schönfelder M, Hinterseher G, Peter P, & Spitzenpfeil P (2011). Scientific comparison of different online heart rate monitoring systems. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 6.
- Seliger V (1968). Energy metabolism in selected physical exercises. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 25 (2), 104-120.
- Seliger V, Kostka V, Grušová D, Kováč J, Machovcová J, Pauer M, Příbylová A, & Urbánková R (1972). Energy expenditure and physical fitness of ice-hockey players. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie*, 30 (4), 283-291.
- Society for International Hockey Research (2001). *The origins of hockey*. Consulté le 4 février 2014 de : http://www.sihrhockey.org/origins_report.cfm#method
- Spiering BA, Wilson MH, Judelson DA, & Rundell KW (2003). Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (2), 329-333.

- Twist P & Rhodes T (1993). Exercise physiology: a physiological analysis of ice hockey positions. *Strength & Conditioning Journal*, 15 (6), 44-46.
- Twist P & Rhodes T (1993). Exercise physiology: the bioenergetic and physiological demands of ice hockey. *Strength & Conditioning Journal*, 15 (5), 68-70.
- Wein H (2004). *Developing game intelligence in soccer*. Reedswain Inc.
- Wein H (2007). *Developing youth football players*. Human Kinetics.
- Willett P (2003). *The hockey coach's guide to small-area games*. Minnesota: Paul Willett International, 1-43.
- Williams K & Owen A (2007). The impact of player numbers on the physiological responses to small sided games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (Supplement 10), 100.
- Williams C (2012). Change up the pace: interval training. *NSCA's Performance Training Journal*, 11 (1), 4-5.
- Wilson G & Hedberg A (1976). *Physiology of ice hockey: a report*. CAHA Hockey Development Council; Health and Welfare Canada, Fitness & Amateur Sports Branch.